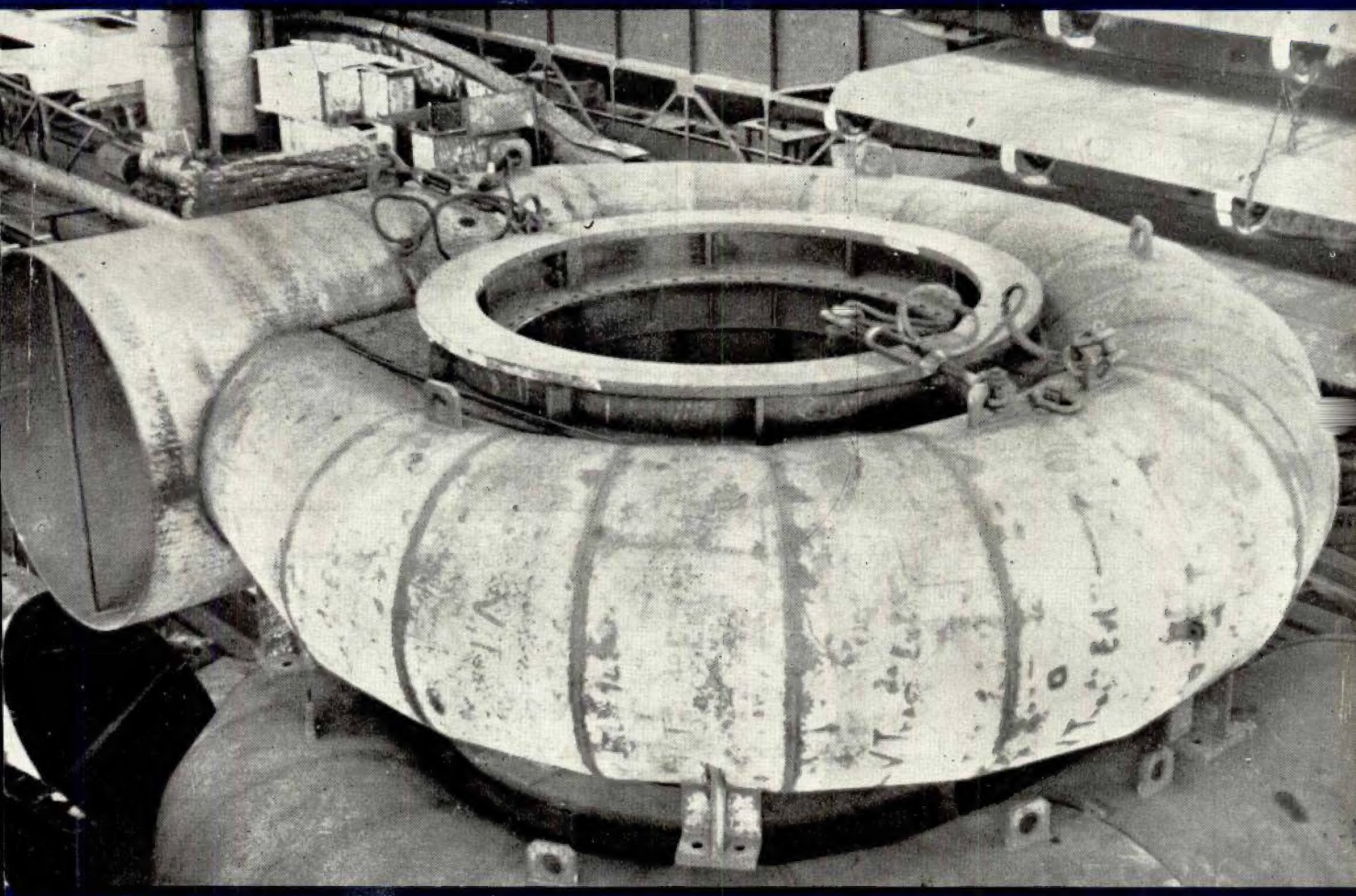
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 251 - ABRIL - 1955

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as maiores facilidades,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO	22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO...	100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA...	14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia **"CIMENTO TEJO"**

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXIX - N.º 251 Abril de 1955

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 0144 (Linha 50)

DIRECTOR

FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA

ADMINISTRADORES

VIRGÍLIO CARDOSO IGREJA

JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA

SECRETÁRIO

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

CORPO REDACTORIAL

ADELINO JOSÉ SOARES DE MELO

JOÃO PEDRO MOTA E MELO

MANUEL M. FRIAS DE ALMEIDA E SÁ

VIRGÍLIO LOPES CABRITA

*

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

*

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

*

COMPOSTO E IMPRESSO

NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Envólucro espiral de uma das quatro turbinas Francis (5.200 CV, 27,5 m de queda), para a Central do Biópio, em Angola — Construído pela SOREFAME — Venda Nova.

Págs

O desenvolvimento da rede portuguesa de interligação

Pelo Eng.º José do Nascimento Ferreira Dias Júnior 383

Bombagem de areias através de embocaduras

Pelo Eng.º Fernando Maria Manzanares Abecasis 403

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** 424

Mistura de gases — Relações p-V-T

Pelo Eng.º Quím.-Ind. António Sales Luís 425

Do Mundo Técnico 432

Biblioteca 443

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

A. Gestetner, Ltd.ª VIII
A. Lopes da Silva XV
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª . . . . . IX, XIII, XXIV e XXXI
Ahlers, Lindley, Ltd.ª XXII
Alfredo Alves . . . . . .
António Baró XXXIV
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XXX

B

Bethlehem Steel . . . . . .
Blackwood Hodge XXXVII
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XXXIV

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XVI
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia «Cimento Tejo» . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . II
Companhia União Fabril XXXVI
Construções Técnicas, Ltd.ª II
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VII e XX

E

Edouard Dalphin . . . . . 4.ª da capa
Electro-Arco, Ltd.ª XXXVI
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª . . . . . XIV e XXVII
Empresa de Cimentos de Leiria . . . IV
Empresa Electro Cerâmica XXXVIII
Empresa de Produtos Asfálticos . . . VI
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXVIII
Fábrica Portugal XXIX
Fundição e Construção Mecânicas XL

G

General Electric Portuguesa . . . .

H

Henriques & Castro, Ltd.ª XL
Horácio Alves XXXIV

I

INEL XIX

I

Pág.

IST XIV

J

J. E. Michaëlis de Vasconcellos (Eng.º) XXI
Jayme da Costa, Ltd. . . . . . .

L

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XI

M

Mabor XXXIV
Manil XXVII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XXXVIII
Martin, Leslie & C.ª Ltd VIII
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . . . . X e XXXV

N

Nordberg XVIII

P

P. Bellasi XII
Papelaria Fernandes XVII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

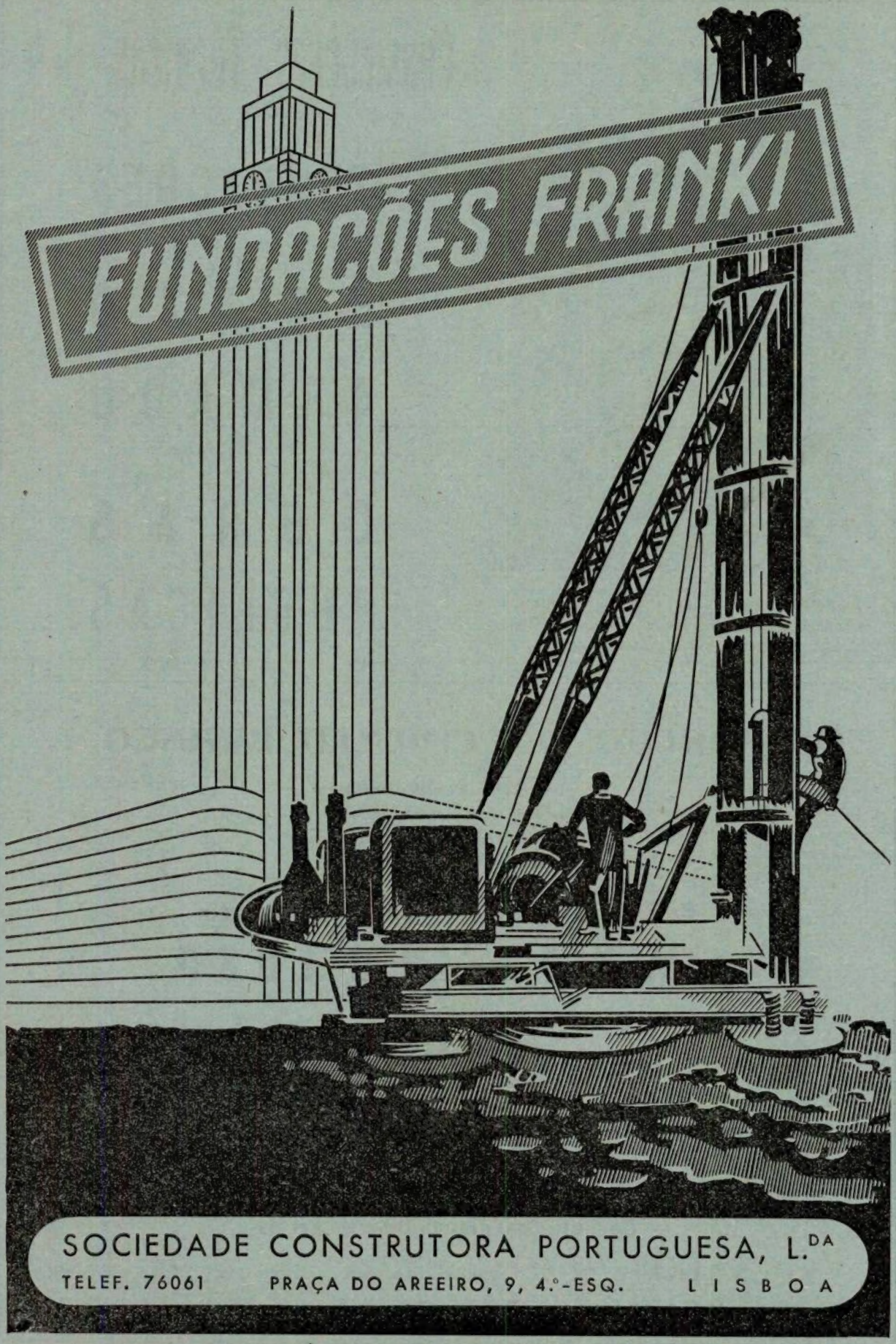
Senna, Botto & Leitão, Ltd.ª XXVI
SKF XXI
SMEIA . . . . . XXXIII e XXXIX
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª V
Sociedade Industrial Metalúrgica . VIII
Sociedade dos Mármores de Portugal, Ltd.ª XIV
Sociedade Portuguesa do Acumulador Tudor XXIII
Sociedade Portuguesa Cavan VI
Socony-Vacuum Portuguesa . . . .
SOFAI, Ltd.ª XXXII
SOMEC IV
SOMIPA XV
SONAP . . . . . .
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXVI
SOPECATE XXXVI
Standard Eléctrica XXV

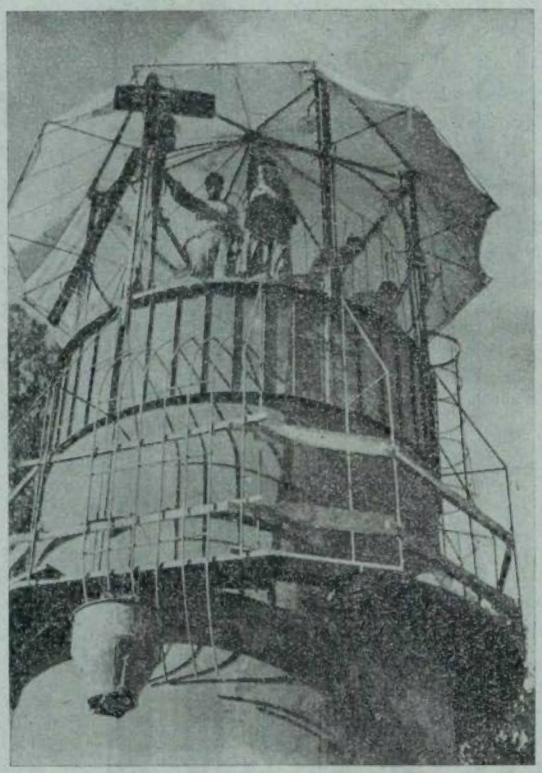
U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

V

V. T. Martins . . . . . .


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



Silo de betão armado, para 1.000.000 kg de trigo, em construção no Reguengo, com moldes deslizantes sistema «PROMETO»

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º — LISBOA — Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES

BETÃO ARMADO

OBRAS PÚBLICAS

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

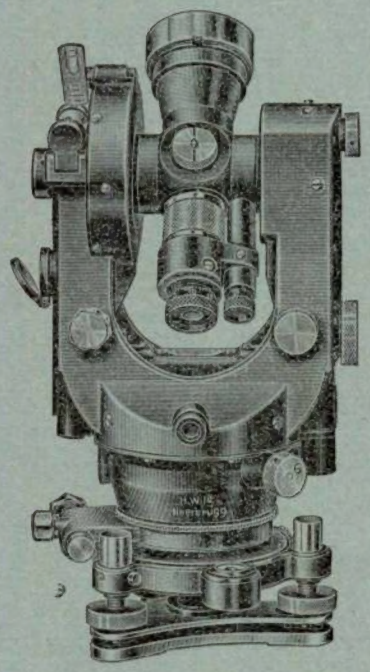
CIBRA

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa

No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

TEODOLITO WILD T1



COMEÇOU A FABRICAR-SE EM 1934 E O PRIMEIRO VEIO, JUSTAMENTE, PARA PORTUGAL. DESDE ENTÃO, MUITAS CENTENAS DE WILD T 1 TÊM TRABALHADO NAS GRANDES OBRAS DE FOMENTO, NO CONTINENTE E NO ULTRAMAR, DANDO PLENA SATISFAÇÃO.

WILD
HEERBRUGG

EXACTIDÃO
ROBUSTEZ
ECONOMIA

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS EM PORTUGAL

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 • TEL. 24314 • LISBOA

Sociedade Metropolitana e Colonial de Construções, L.da

SOMEC

R. da Madalena, 163 — Lisboa Telefone 32795/6

Sondagens

Fundações

Betão armado

Trabalhos marítimos

Túneis

no Continente e Ultramar

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

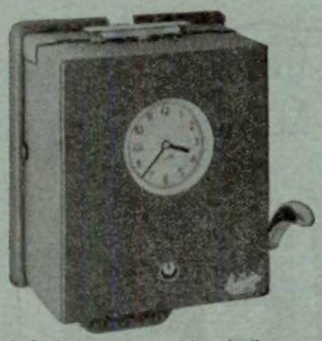
Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País



Relógio semi-automático de Ponto

PENSE em Ericsson

...para controlar melhor o tempo de seus empregados

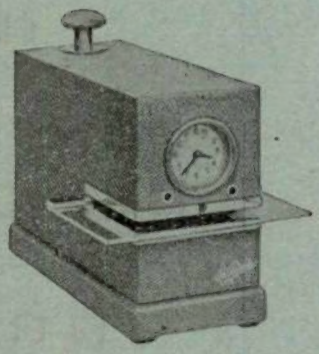
Os relógios de ponto Ericsson proporcionam :

Maior exactidão no controle de pontualidade e frequência.

Maior facilidade na preparação das folhas de pagamento.

Maior garantia para empregados e dirigentes na verificação da assiduidade.

Maior economia de tempo e pessoal no controle do ponto : amortização mais rápida do custo de sua aquisição.



Relógio de tarefa para controlar com exactidão os custos de «mão de obra»

Relógio automático de Ponto

Peça a visita de um técnico da Ericsson.

Sem o menor compromisso, pode obter todas as informações e detalhes sobre os Relógios de Ponto ou sobre quaisquer outros produtos Ericsson.

Outros produtos Ericsson :

- Sistemas telefónicos de todos os tipos
- Sistemas de telesinalização
- Sistemas de radiocomunicações e sonorização
- Diversa aparelhagem telefónica e eléctrica

SOCIEDADE ERICSSON DE PORTUGAL, L.DA

RUA FILIPE FOLQUE, 7, 1.º

LISBOA

Telefone (P P C - 2 linhas) — 57193 • Telegramas : ERICSSON

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156

TELEG. EPALDA—LISBOA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

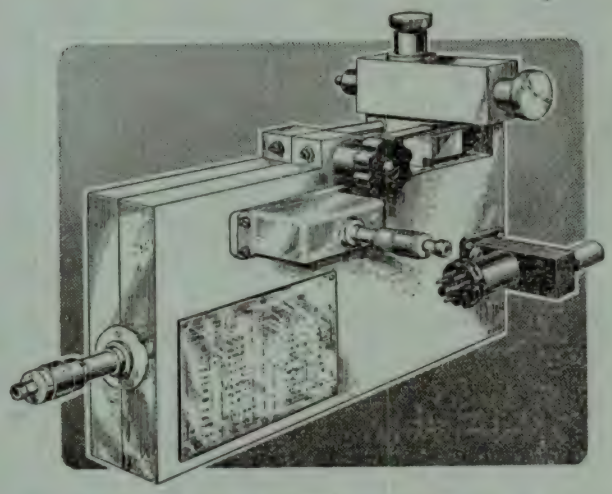
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42

TELEF. 47812-50129

LISBOA

FERRANTI



LINHAS DE MEDIDA EM MICRO-ONDAS

FERRANTI ACABA DE LANÇAR NO MERCADO VÁRIOS APARELHOS PARA ESTUDOS NUCLEARES E NOMEADAMENTE:

—LINHAS DE MEDIDA EM MICRO-ONDAS
—TRIÓDIOS PARA ALTA-FREQUÊNCIA, ETC.

F
FERRANTI

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

C. SANTOS LDA.

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

17, Travessa da Glória, 19-A

LISBOA

Temos a honra de anunciar

A NOSSA NOMEAÇÃO, COMO AGENTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL E PROVÍNCIAS ULTRAMARINAS, PELA FIRMA:

Crofts (ENGINEERS), LTD.
BRADFORD – INGLATERRA

universalmente conhecida como especialista em:

TRANSMISSÕES POR CORREIA, CABO E ENGRENAGENS para todas as indústrias e potências
FUNDIÇÃO DE AÇO OU LATÃO — FABRICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES DE SECÇÕES METÁLICAS

- TRANSMISSÕES POR TAMBORES DE CORREIAS TRAPEZOIDAIS, DE VELOCIDADE FIXA OU VARIAVEL
- ENGRENAGENS DE VELOCIDADE VARIAVEL OU DE REDUÇÃO COM PARAFUSO SEM-FIM
- EMBRAIAGENS DE FRICÇÃO OU DISCO SIMPLES OU MULTIPLO
- EMBRAIAGENS «AIRFLEX»
- CAIXAS DE ENGRENAGEM CÓNICAS — MODELO «RADIATION» OU A ÓLEO, DE VELOCIDADE VARIAVEL, TIPO «CARTER»
- UNIDADES «C-JR» PARA COMANDO DE VARIAÇÕES DE VELOCIDADE
- UNIDES FLEXIVEIS
- MANGAS CÓNICAS FENDIDAS
- MOTORES PARA ENGRENAGENS «EFFICIENCY», ETC., ETC.

O ramo da n/ Representada é TRANSMISSÃO DE ENERGIA. Fornece máquinas de todas as potências, tanto para produzir como para utilizar energia eléctrica, e está preparada para atender qualquer indústria

A APARELHAGEM CROFT É HOJE UTILIZADA EM QUASE TODOS OS PAÍSES DO MUNDO
QUEIRAM DIRIGIR-NOS AS VOSSAS CONSULTAS

MARTIN LESLIE & C.ª, LDA.
CAMPO DAS CEBOLAS, 43-3.º D.—TELEFONES 32824 E 35234—LISBOA

A nossa Representada dispõe de grande variedade de material em armazém em Inglaterra para ENTREGA IMEDIATA ou a curto prazo

DUPLICADORES

Manuais e eléctricos

Gestetner

OS MELHORES DO MUNDO

A GESTETNER, L.DA

RUA DA CONCEIÇÃO, 125 — Telefone 2 2528 - LISBOA
LARGO DO PADRÃO, 20, 1.º — Telefone 2 3469 - PORTO

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO

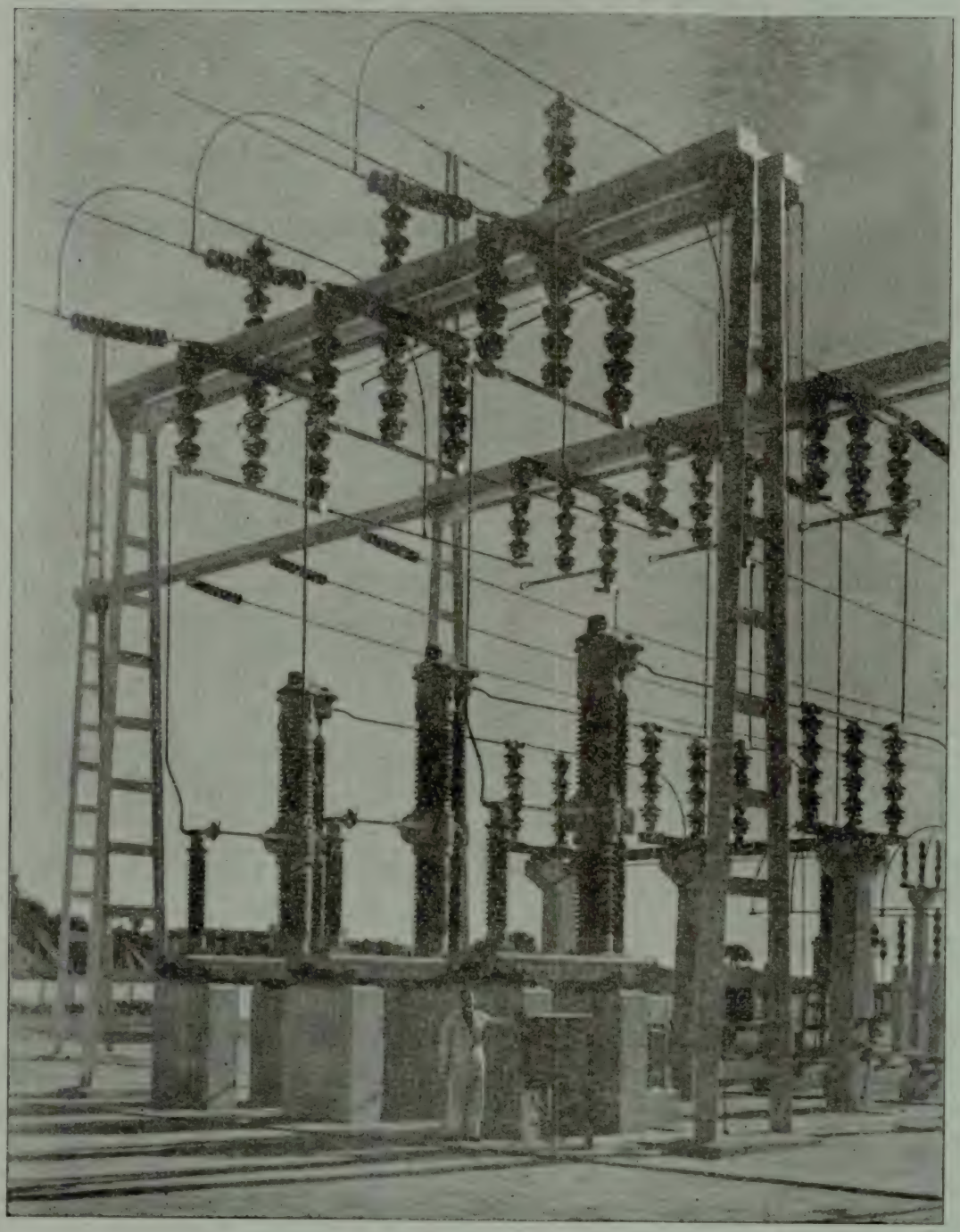
Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 26572

DELLE

Ateliers de Constructions Eléctriques de la Compagnie Générale d'Eléctricité



Disjuntores 150 KV — Subestação de Setúbal da Companhia Nacional de Electricidade

DELEGADOS EM PORTUGAL

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.º ◆ LISBOA ◆ às Cortes ◆ Telefs. 660692-666082-660604

ESCAVADORAS

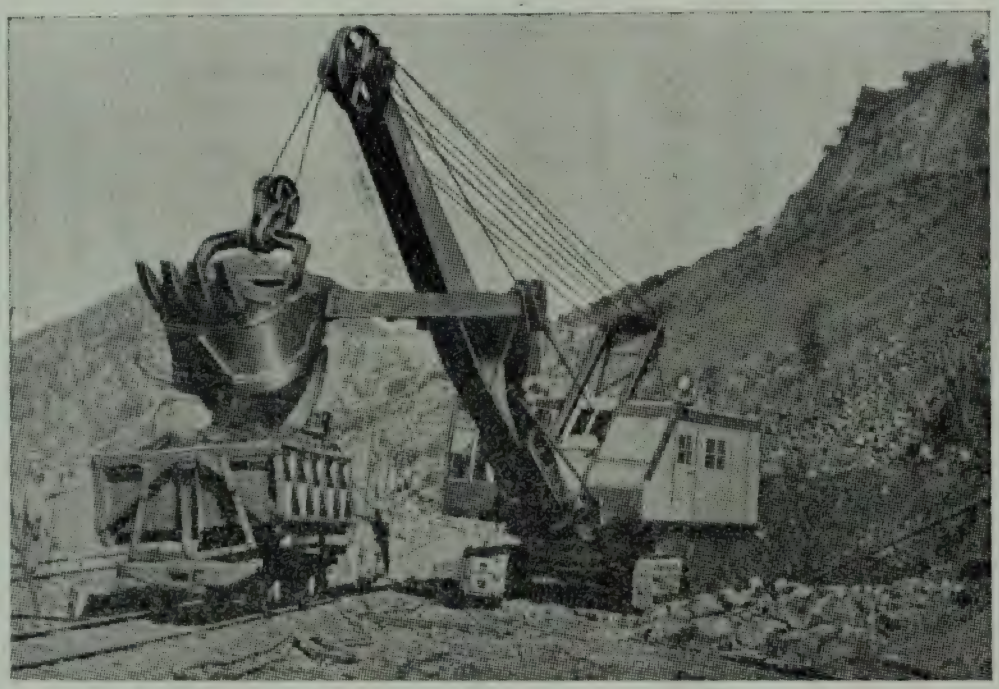
RUSTON-BUCYRUS, LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE & CO.

Modelos de 3/8 a 25 jardas cúbicas

86 unidades em trabalho no País



Para entrega imediata em armazém:

Modelo 10-RB com a capacidade de 3/8 de jarda cúbica.

Modelo 22-RB com a capacidade de 3/4 de jarda cúbica

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (Alcântara)

LISBOA

Telef. 637083 (P. B. C. 3 linhas)

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

P. BELLASI
Representante geral para Portugal e Ultramar
Rua Sá da Bandeira, 494-3.º
Telefone 2 1968
PORTO
Realizações máximas na construção de disjuntores para alta tensão
Mais de 15 anos de experiência na construção e serviço de disjuntores de pequeno volume de óleo, garantem um fabrico que satisfaz todas as exigências.
OERLIKON
Muito mais de 1.000 disjuntores deste tipo, para tensões nominais de 60 até 400 kV e potências de corte de 500 até 7500 MVA, em numerosos países europeus e no Ultramar, são testemunho desta aprovada construção.
Ateliers de Construction Oerlikon
Zurique 50 (Suiça)

TÉCNICA

DIRECTOR — FERNANDO MARQUES DE OLIVEIRA ADMINISTRADORES { VIRGÍLIO DOS REIS CARDOSO IGREJA / JOSÉ DO SACRAMENTO COSTA
SECRETÁRIO — JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
CORPO REDACTORIAL — ADELINO JOSÉ SOARES DE MELO, AFONSO MANUEL BRAGA DA CRUZ, JOÃO PEDRO MOTA E MELO, MANUEL M. FRIAS DE ALMEIDA E SÁ E VIRGÍLIO LOPES CABRITA

Ano XXX - N.º 251 Abril de 1955

C. D. 621.311.1 (469)

O desenvolvimento da rede portuguesa de interligação

Pelo Eng.º JOSÉ DO NASCIMENTO FERREIRA DIAS JÚNIOR
Prof. do I. S. T.

Conferência realizada no I. S. T., em 18 de Março, a convite da "Técnica"

SR. MINISTRO DA MARINHA
SR. DIRECTOR DO INSTITUTO
SRS. PROFESSORES
SRS. ALUNOS
MINHAS SENHORAS E MEUS SENHORES:

A revista "Técnica", da Associação dos Estudantes deste Instituto, pediu-me mais uma vez que viesse fazer uma palestra sobre assuntos ligados à electrificação. Da última vez que aqui falei sobre estas questões, abordei um tema que me foi fixado; corria o ano de 1950 e estava ainda na memória de muita gente o calvário das restrições de 1949; os alunos escolheram então este tema sombrio e ingrato: "As restrições do consumo de energia eléctrica e a interligação". Desta vez foram os estudantes muito mais generosos e deram-me a liberdade de escolher o assunto; usando dessa liberdade procurei um motivo agradável: "O desenvolvimento da rede portuguesa de interligação".

Em Dezembro de 1944, a publicação da Lei n.º 2002 foi o ponto de partida de uma política intensa de electrificação. A primeira fase dessa política pode considerar-se concluída em 1953; como ponto de referência desenhou-se o mapa da Fig. 2, que representa o estado da rede de transporte e interligação nesse ano, entendendo-se como tal o conjunto de linhas de tensão igual ou superior a 60 kV. É evidente que nesta definição há muito de convencional; e embora, por vezes, haja veleidades de querer fixar exactamente onde acaba o transporte e começa a distribuição, o certo é que a técnica não sabe fazê-lo e precisa portanto de recorrer a convenções sempre que, por motivos de sistematização, tenha que definir esta fronteira. Escolhi como fronteira este limite de tensões só porque me pareceu uma forma simples de sair da dificuldade.

A esta definição foge apenas o troço de linha compreendido entre a central de Santa Luzia e o sistema da Serra da Estrela, que é a 40 kV, mas que, por ser de facto um circuito de interligação, embora de movimento muito pequeno, me pareceu conveniente incluir, para que não se dissesse que a carta não estava completa. Para comparação com este esquema, que tomaremos como referência, desenhou-se o esquema da rede 10 anos antes, em 1943 (Fig. 1), e desenhou-se igualmente uma

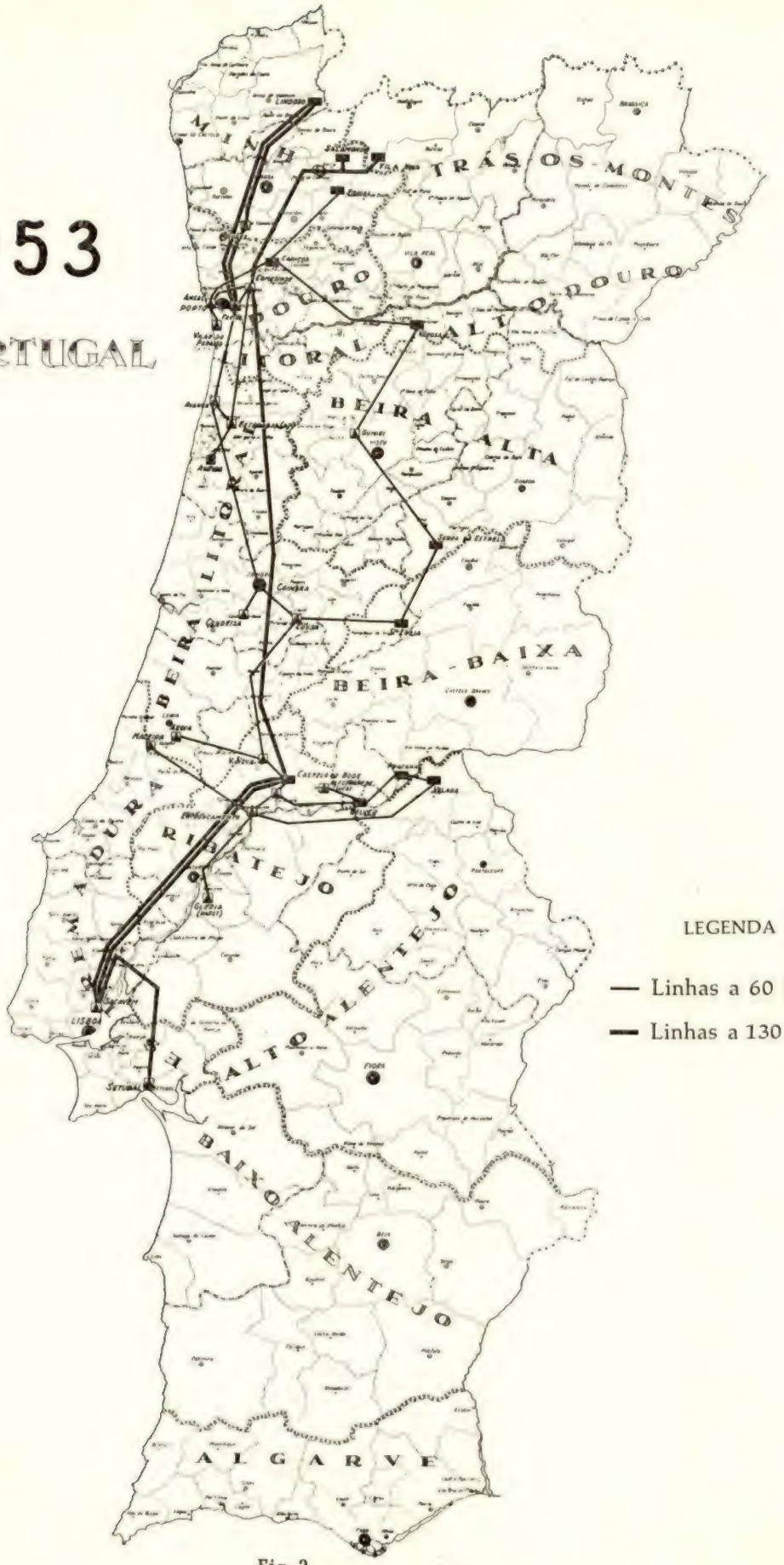
1943

PORTUGAL

Fig. 1

1953

PORTUGAL



LEGENDA

— Linhas a 60 kV

— Linhas a 130 e 150 kV

Fig. 2

1963

PORTUGAL

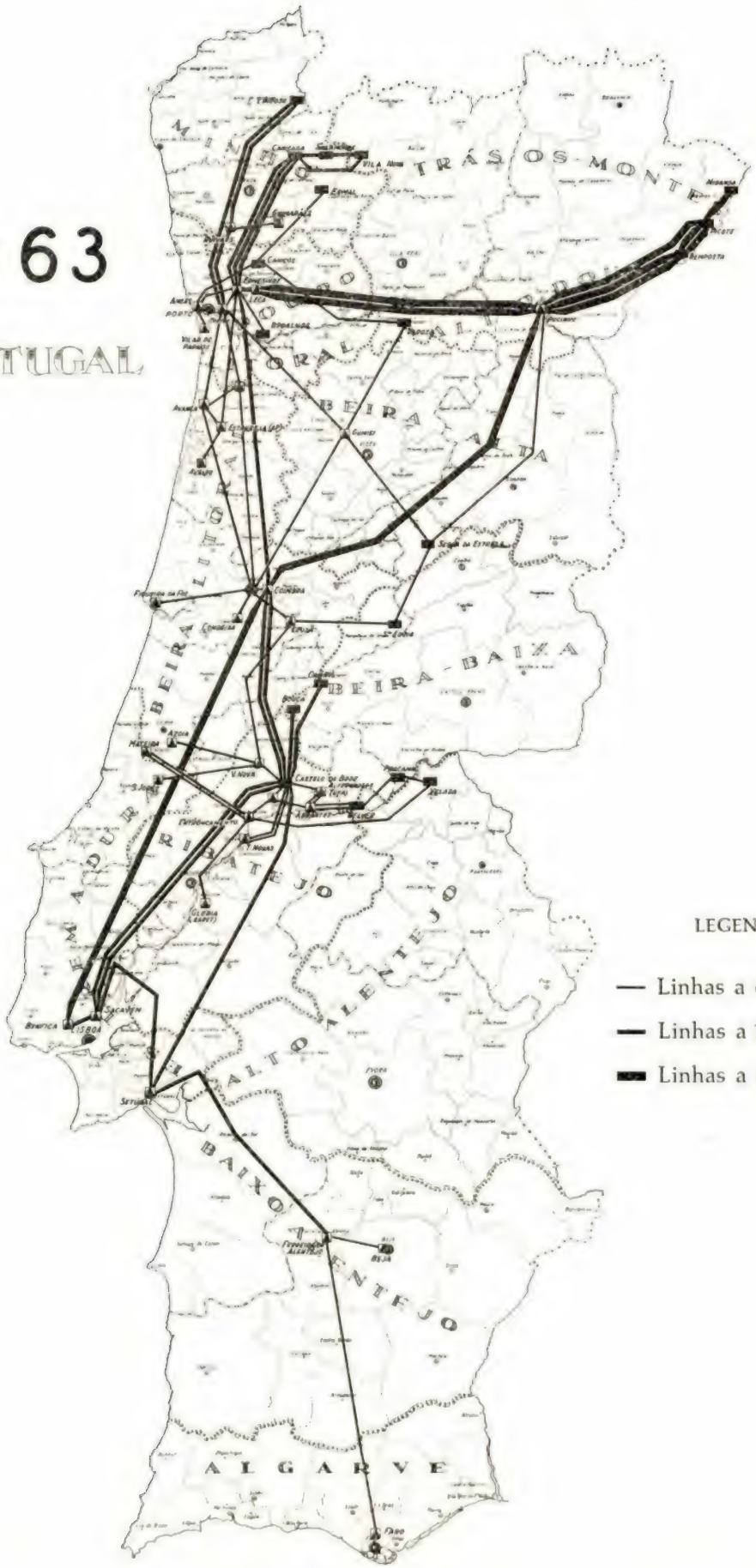


Fig. 3

antevisão do que será a rede 10 anos depois, em 1963 (Fig. 3). Mas antes de entrarmos pròpriamente na apreciação dos problemas da rede ou a ela ligados, interessa fixar algumas noções sobre duas questões prévias:

— uma dizendo respeito à produção de energia
— outra dizendo respeito à potência instalada.

1 — Produção de energia

O gráfico da Fig. 4 representa a evolução dessa produção desde o ano de 1927, em que começou a fazer-se a estatística, até ao passado 1954. A curva indica a produção total, incluindo a pro-

Evolução da produção de energia eléctrica em Portugal

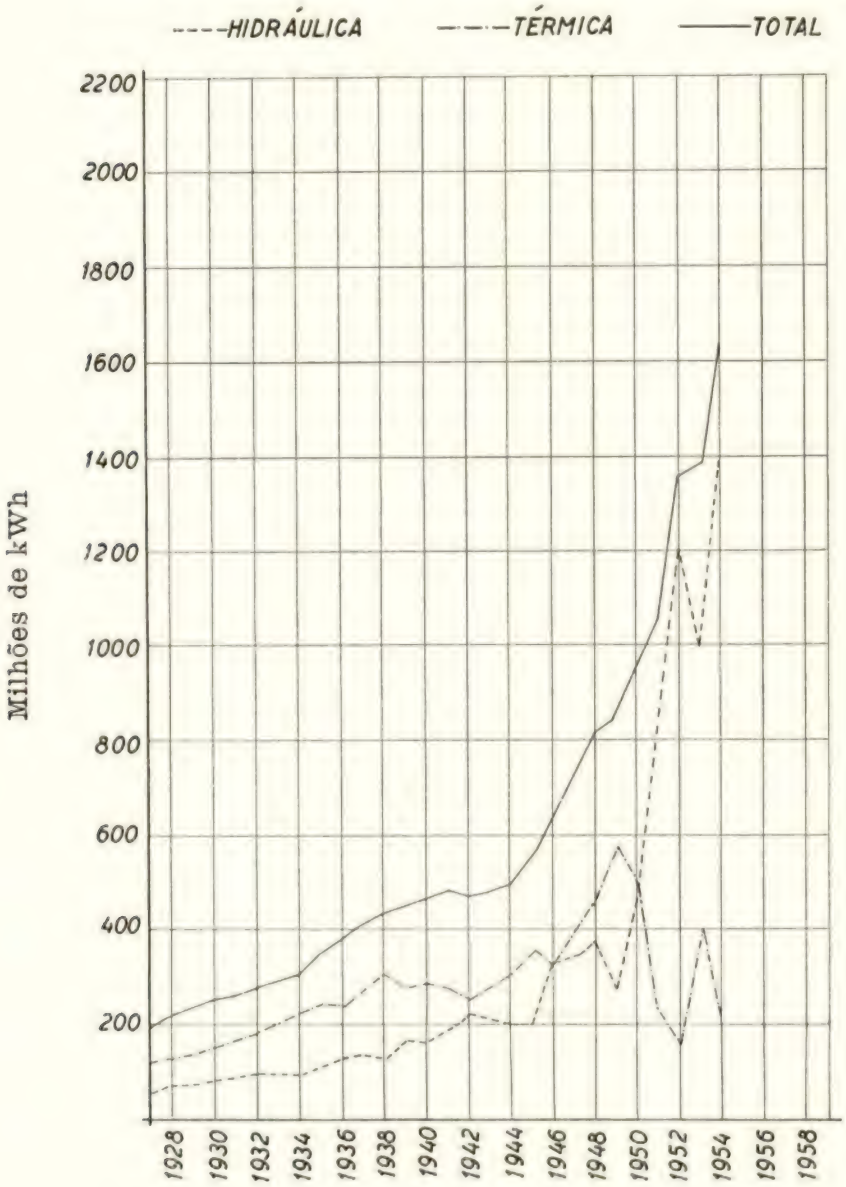


Fig. 4

dução de serviço público e de serviço particular, e tem representadas as suas duas parcelas, hidráulica e térmica, cujas variações não têm para o nosso objectivo interesse essencial, pelo que lhes não faremos referência, para não alongar.

Analisemos apenas a curva total. Nela encontramos em 1942 uma pequena quebra, que resultou, como é sabido, das restrições que houve que fazer durante a guerra, devido à falta de carvão, e que foi recuperada no ano seguinte (1943). A simples observação desta curva mostra-nos que podemos considerar nela duas zonas de andamento distinto:

— a 1.ª zona, entre 1927 e 1943, isto é, até à recuperação da pequena quebra de 1942, apresenta um crescimento lento que é, na média, de 6 % ao ano.
— a 2.ª zona, de 1943 a 1954, apresenta evolução muito mais rápida, correspondendo a um crescimento médio de 12 %.

Como é sabido, considera-se que a evolução normal é da ordem de 7 %, a que corresponde a duplicação em 10 anos. A 1.ª zona está pois um pouco abaixo do valor normal e a 2.ª zona francamente acima. Esta subida acentuada que se verificou desde o fim da última guerra até hoje resultou de três causas: — A primeira foi o estabelecimento da grande indústria electroquímica que nos aparece como forte consumidora; a segunda vem do desenvolvimento industrial que, independentemente da indústria electroquímica, se tem dado no País desde o tempo da guerra; finalmente, uma terceira causa está no aumento de consumos domésticos pelo estabelecimento e expansão de tarifas degressivas adequadas. Estas três causas não são, evidentemente, causas anormais, mas são, possìvelmente, causas ocasionais; e por tal motivo não é inteiramente legítimo, se quisermos saber o que poderá vir a passar-se por 1963, extrapolar simplesmente a curva dos últimos anos.

Para nos acercarmos da realidade, interessa-nos decompor a curva em algumas parcelas e analisá-las separadamente; chegaremos assim a um resultado mais seguro. As parcelas em que vamos dividir esta curva são:

1.ª — A produção de serviço particular;
2.ª — A produção de serviço público destinada à alimentação da electroquímica;
3.ª — A produção de serviço público destinada aos consumos permanentes.

Quanto à primeira, a experiência mostra que ela tem variado muito pouco desde 1927 até 1953. O seu valor tem oscilado entre o mínimo de 50 milhões de kWh anuais e o máximo de 80; a flutuação entre estes dois limites tem-se dado sem obediência a qualquer lei regular.

Podem apontar-se três causas para justificar esta flutuação. Por um lado, todos os anos se montam algumas instalações de serviço particular, porque há sempre indústrias interessadas, por um ou outro motivo, em possuir a sua produção própria; em contrapartida, todos os anos há instalações de serviço particular que deixam de trabalhar, visto que o seu consumo, segundo a lei fatal, é absorvido pela rede pública. Por outro lado, como a potência das instalações de serviço particular é essencialmente de natureza térmica, estas centrais são levadas a trabalhar mais fortemente nos anos de fraca hidraulicidade; e é da conjugação destes três factos que resulta a oscilação, moderada mas irregular, da produção de serviço particular.

Excepcionalmente, no ano de 1954, o valor desta produção atingiu o máximo de 96 milhões de kWh, isto é, excedeu o limite dos 80 milhões a que até então se tinha confinado. Isto resultou de terem começado a funcionar nesse ano duas instalações de serviço particular de potência considerável — a da SACOR e a da Companhia Portuguesa de Celulose.

Como nos futuros anos, até 1963, que é o período que nos ocupa, não é de prever a montagem de novas instalações de serviço particular de potência apreciável, podemos admitir sem erro sensível que esta classe de produção se manterá neste período com valor sensìvelmente igual ao do ano passado, isto é, na vizinhança dos 100 milhões de kWh por ano.

Analisemos a segunda parcela: a produção de serviço público destinada à electroquímica. No ano passado, a indústria electroquímica em Portugal consumiu 242 milhões de kWh; se atribuirmos para valor das perdas correspondentes a taxa de 5 % — e este número deve estar muito perto da realidade, visto que as perdas totais na rede primária foram de 6,32 % no ano passado — estes 242 milhões de kWh consumidos transformam-se em 254 produzidos.

Este número é susceptível de algum aumento, não porque se preveja que nos anos mais próximos as indústrias electroquímicas aumentem consideràvelmente a sua potência, mas porque, tendo aumentado esta potência o ano passado e não tendo havido nesse ano funcionamento apreciável das novas instalações, é no ano presente e nos anos seguintes que a influência desses aumentos de potência será sensível. Podemos talvez admitir sem grande erro que, nos anos próximos, dentro do período que estamos considerando, a indústria electroquímica absorverá uma parcela de produção da ordem dos 350 a 400 milhões de kWh.

Analisemos agora a terceira parcela. Se dos 1.650 milhões de kWh, que representam a produção total do ano findo, suprimirmos as duas primeiras parcelas já referidas, resta-nos para a alimentação dos serviços públicos permanentes 1.305 milhões de kWh. Esta parcela do consumo já tem em alguns anos, depois da última guerra, aumentado na casa dos 12 %; ainda no ano passado aumentou 11 %. Mas não será inteiramente razoável admitir, ou será, pelo menos, um pouco imprudente admitir, que em todos os anos até 1963 um ritmo desta ordem se manterá. Vamos portanto aceitar que nos anos mais próximos de 1963 a taxa de crescimento será menor, de forma a conduzir a um valor médio da ordem dos 10 %.

Se procedermos assim e se somarmos ao resultado as parcelas que anteriormente indiquei, chegaremos para 1963 a uma produção total da ordem dos 3.500 milhões de kWh. Se calcularmos o que este número representa em relação à produção actual, encontraremos a taxa média de crescimento de 8,5 %, número que parece estabelecido com razoável prudência.

Assentemos então em que a produção total por 1963 será ordem dos 3.500 milhões de kWh.

Em tudo que disse pus de parte um aspecto do consumo de energia que representa ainda uma incógnita: a influência da siderurgia. A siderurgia, consoante o processo que adoptar, terá neste consumo uma influência maior ou menor; e como não está definida a via que vai seguir-se, não se sabe como contar exactamente essa influência. Se esta indústria se orientar para um processo baseado no carvão, apresentar-se-á à rede pública como cliente relativamente modesto, embora de certo vulto, visto que, conforme é regra, ela fará o aproveitamento dos gases dos seus fornos e com esse aproveitamento satisfará uma parte importante do seu próprio consumo de energia; nessa hipótese, ela virá a aparecer-nos como um acréscimo na primeira parcela de há pouco, isto é, na produção de serviço particular.

Mas se a indústria siderúrgica se orientar no caminho da electrosiderurgia, então, para satisfazer o programa de 150.000 toneladas de laminados, que se fixou como primeira fase do seu estabelecimento, encontraremos a necessidade de consumir cerca de 400 milhões de kWh, número que, pelo seu volume, já pesa nas conclusões a que há pouco chegámos. Perante a dúvida sobre o valor a considerar, achei preferível não incluir a influência dessa indústria nos números que apontei, limitando-me a chamar a atenção para o consumo suplementar que pode aparecer.

Este dilema da produção de ferro pelo carvão ou pela electricidade está posto há doze anos. Tem-se andado à volta do assunto e, neste longo período, depois de uma grande volta, regressa-se ao ponto de partida. Pode quase perguntar-se se este fenómeno não será mais uma justificação de que a Terra é redonda.

2 — Potência instalada

Deixemos a energia produzida e passemos a analisar a potência instalada.

Essa potência está representada no gráfico da Fig. 5, no qual se verifica que em 1954 dispunhamos de 810 MW dos quais aproximadamente 200 térmicos. Se, em vez de considerarmos a potência instalada total, considerarmos apenas a potência instalada na rede interligada, quere dizer, na rede sujeita à disciplina do Repartidor Nacional de Cargas, os números serão respectivamente 693 MW totais e 106 térmicos.

Olhemos entretanto para os gráficos da Fig. 6. Eles representam os diagramas de carga da rede interligada nos vários meses do ano de 1954; em cada um dos meses estão desenhados 3 diagramas, um correspondendo à terceira 4.ª feira do mês, e os outros correspondendo ao sábado e ao domingo seguintes.

Observando esta figura, notamos que apresentam a forma característica dos diagramas de inverno, isto é, sem vazio da tarde, os diagramas de Outubro, Novembro, Dezembro e Janeiro, e que, pelo contrário, os restantes meses apresentam nìtidamente os dois vazios do meio dia e da tarde, quere dizer, a forma característica dos diagramas de verão. Se medirmos as pontas dos diagramas, verificamos que a maior nos aparece numa manhã de Fevereiro: 280 MW.

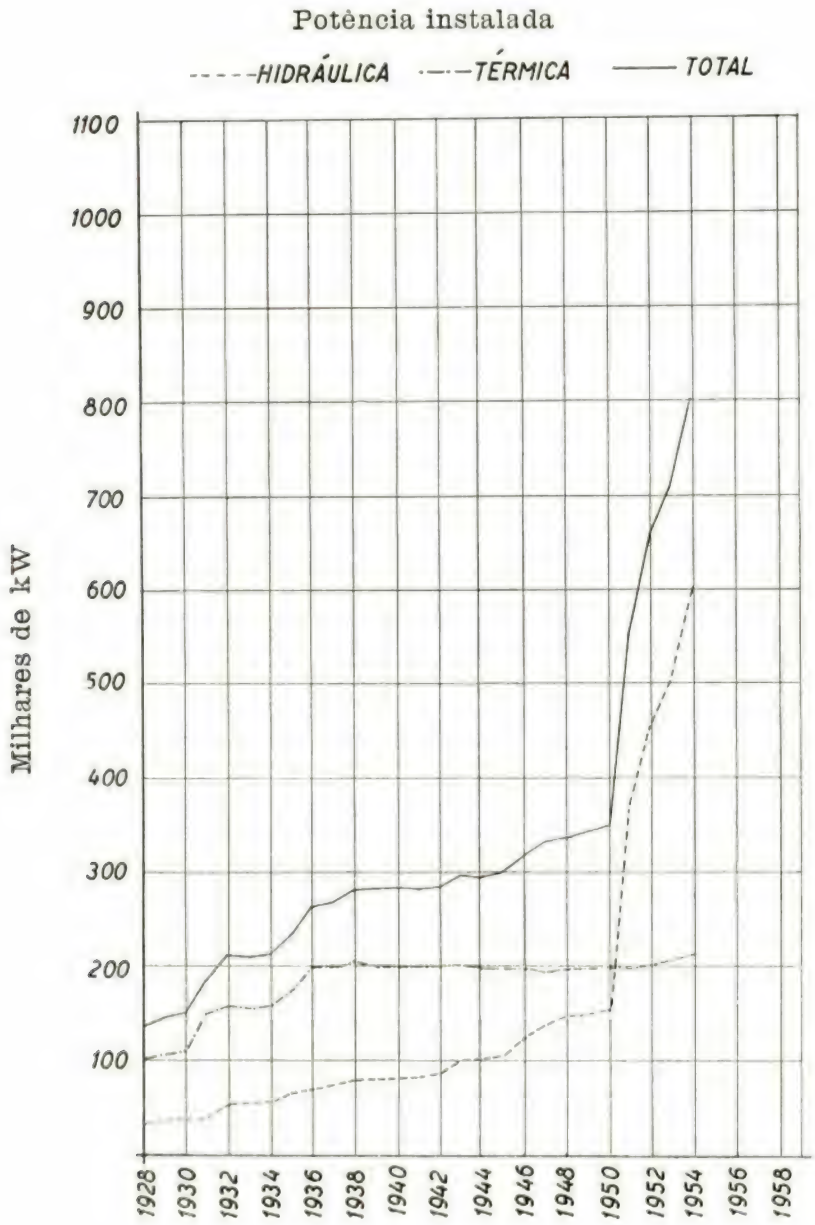


Fig. 5

Embora se não trate de um registo diário mas de uma só medida em cada mês, é evidentemente anómalo o aparecimento duma ponta anual no mês de Fevereiro, em vez de ser num dos últimos meses do ano. Mas a anomalia tem explicação fácil: como os meses de Novembro e Dezembro do ano findo foram, como todos se lembram, meses muito secos, a indústria electroquímica esteve parada, e daí resulta que a ponta máxima que deveria aparecer por essa época foi transferida para o princípio do ano.

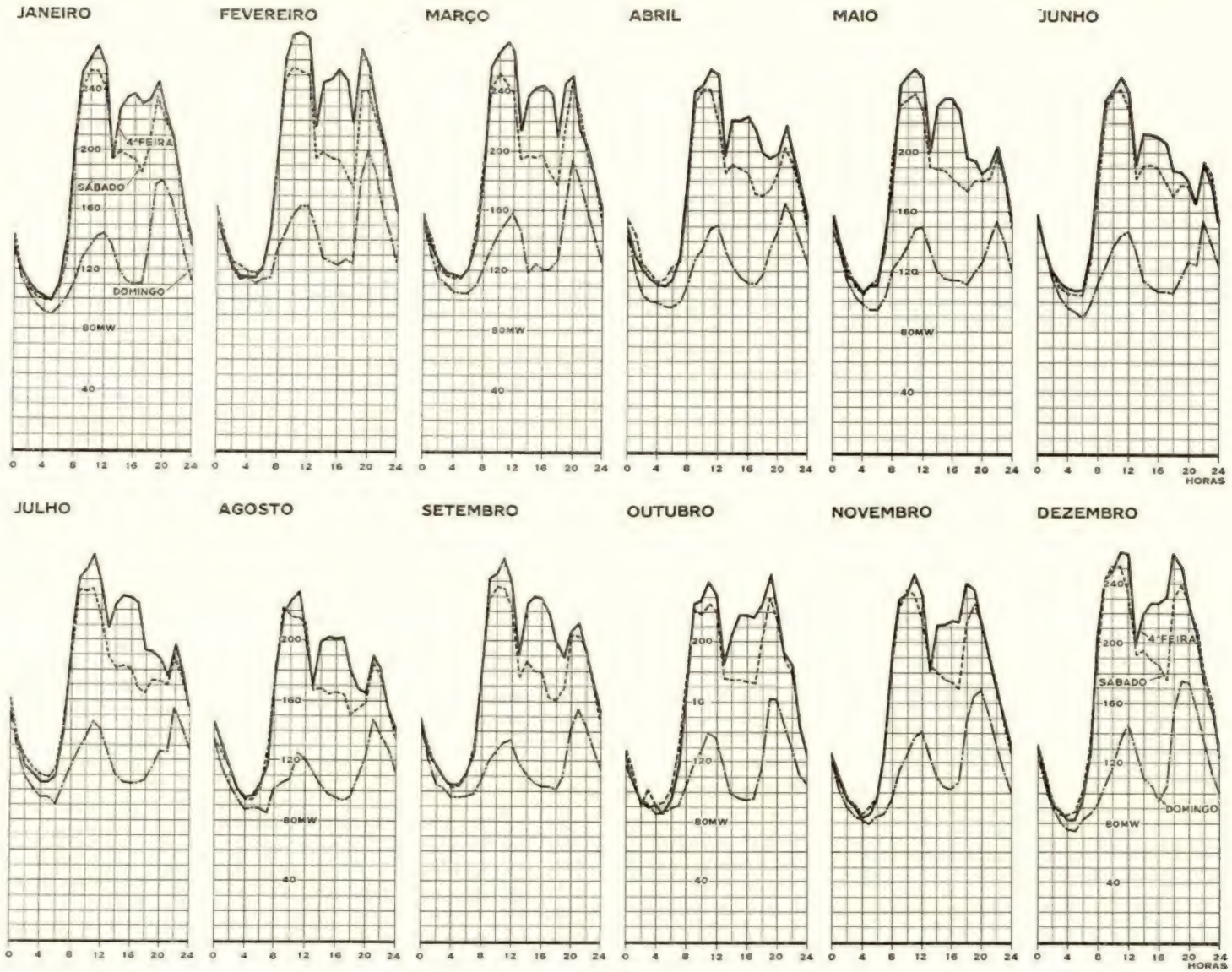

JANEIRO
FEVEREIRO
MARÇO
ABRIL
MAIO
JUNHO
JULHO
AGOSTO
SETEMBRO
OUTUBRO
NOVEMBRO
DEZEMBRO
4ª FEIRA
SÁBADO
DOMINGO
240
200
160
120
80MW
40
0 4 8 12 16 20 24
HORAS

Fig. 6

Dentro da rede interligada a energia produzida no ano findo foi de 1.518 GWh (milhões de kWh). Se dividirmos este número — que representa 92 % da produção total do País, o que mostra a importância enorme que tem a rede interligada em relação a todo o resto da produção eléctrica — pela ponta verificada dos 280 MW, encontraremos uma utilização anual da ponta de 5.400 horas, a que corresponde o factor de carga de 0,62.

Mas se em vez de fazermos a conta em relação à ponta a fizermos em relação à potência instalada, dentro da rede interligada, encontraremos para utilização dessa potência 2.200 horas, correspondendo a um factor de utilização de 0,25. Por outro lado, podemos ponderar que a potência térmica, que só excepcionalmente trabalha com carácter permanente, é apenas uma potência de apoio estival, que nem chega a funcionar em ano suficientemente húmido; e isso leva a admitir que podemos legìtimamente calcular a utilização da potência hidráulica, considerando que ela, só por si, alimenta o diagrama do País. Procedendo assim, tal utilização subirá para 2.600 horas; se, pelo contrário, calcularmos o valor desta utilização para a potência total do País, o número decresce para 2.000 horas. Este valor é francamente baixo e há várias razões para que seja assim.

Uma das razões é aquela que já apontei; o principal volume da potência térmica é de apoio estival, o que a leva a estar parada a maior parte do ano. Por outro lado, dos 810 MW que o gráfico aponta, alguns são apenas MW estatísticos, que representam potência de máquinas de avançada idade, cujas condições de funcionamento com aceitável regularidade são bastante discutíveis. Quere dizer, são máquinas cuja desmontagem não trazia ao País nenhum grave inconveniente, e viria mesmo sanear os nossos números estatísticos. Por outro lado ainda, e como é sabido, se olharmos para a parcela da potência instalada nas instalações de serviço particular, ou mesmo nas instalações de serviço público fora da rede interligada, notaremos elevada dispersão que conduz sempre a fraca utilização do material.

Mas se deixarmos sem mais comentário estas 2.000 horas e analisarmos o número, um pouco melhor, das 2.600 horas que há pouco apontei para a potência hidráulica da rede interligada, reconheceremos que tal valor é ainda fraco, como resultado de condições naturais, visto que, pela natureza dos nossos rios, somos obrigados a ter uma parte da potência para trabalhar essencialmente em período de águas altas, principalmente Inverno e Primavera, e outra parte para trabalhar principalmente no Verão e Outono, no período de águas baixas. Temos que utilizar o fio de água para deixar encher as albufeiras, quando os caudais são altos, e temos que esvaziar as albufeiras quando o fio de água falha; isto leva-nos, pode dizer-se com algum exagero, a duplicar a potência hidráulica.

Se olharmos ao que se passa nalguns países, sobretudo no Norte da Europa, encontramos que a muitas centrais hidráulicas se atribuem utilizações de 5 a 6.000 horas por ano; trata-se de aproveitamentos em rios de uma qualidade que não existe na Península Ibérica. É certo que nós poderíamos, se quisessemos, arranjar centrais hidroeléctricas com utilizações desta ordem, desde que as calculássemos para caudais de estiagem, o que implicaria reduzir consideràvelmente o valor dos nossos recursos energéticos. Ao passo que podemos hoje dizer que a nossa capacidade hidráulica de produção de energia é da ordem dos 10.000 milhões de kWh, se fossemos a pretender instalar centrais hidroeléctricas com grandes utilizações não sei se chegaríamos a tirar dos nossos recursos 3.000 milhões de kWh; torna-se evidente que esta política, seria inteiramente inaceitável.

Este inconveniente do nosso regime hidrológico tem, em contrapartida, uma pequena vantagem, que é magra, mas que é, contudo, vantagem. Nos países em que os recursos hidráulicos permitem construir centrais com utilizações anuais muito altas, há necessidade de recorrer a centrais térmicas para fazer as pontas dos diagramas; pelo contrário, entre nós as térmicas servem apenas para fazer o serviço de base, quando escasseia a água nas albufeiras, visto que o problema das pontas está automàticamente resolvido com o sobrequipamento que somos obrigados a dar às centrais hidroeléctricas.

Analisemos agora como poderá evolucionar nos anos próximos a potência instalada. Está em curso um programa hidroeléctrico que deverá concluir-se em 1958. Este programa compreende a central da Bouçã no sistema do Zêzere, para entrar em serviço até ao fim deste ano; a central de Caniçada no sistema do Cávado, que se espera entre em serviço até ao fim deste mês; a barragem

de Paradela e o correspondente aumento de potência da central de Vila Nova prevista para 1957, e a central de Picote no Douro Internacional cuja entrada em serviço se prevê também para o fim de 1957.

Esta lista de centrais, constituindo o programa em execução, foi fácil de elaborar, porque as albufeiras de Castelo do Bode e de Venda Nova, (mais a de Cabril então em construção) permitiram que as centrais complementares a construir depois delas pudessem ser unidades de qualquer tipo, contanto que produzissem um número adequado de kWh — quase só um problema de quantidade; aquelas albufeiras cobriam as diferenças de diagrama que pudessem apresentar-se, assegurando com largueza a compensação anual. É visível, em tais condições, a simplicidade da tarefa de esboçar um programa complementar; qualquer pessoa, mesmo que não fosse muito versada na matéria, podia organizar uma lista de novas centrais sem correr o risco de cometer erro muito grave.

Detenhamo-nos a analisar, porque o assunto tem seu interesse, como a existência das albufeiras do Zêzere e do Cávado nos presta alguns serviços relevantes.

A experiência de exploração destes últimos anos tem mostrado a importância da sua missão regularizadora; mas, apesar disso, ainda há vozes a advogar que deveria ter-se dado a prioridade ao Douro. Ora o Douro, com as suas centrais de fio de água, não podia nunca ser um rio por onde se começasse uma electrificação, porque de duas uma: ou se instalava uma central calculada para caudais de estiagem e então cometer-se-ia o erro, que há pouco foi apontado, de perdermos a maior parte dos nossos recursos, ou se calculava para caudais médios e passaríamos a ter excesso de produção de inverno e falta de energia no verão. Haveria neste caso que recorrer a uma de duas soluções: ou fazíamos restrições, o que não parece razoável se aceite como doutrina, ou teríamos que nos basear numa forte produção térmica, o que parece também contrário à política que convém seguir. E se, por outro lado, quisessemos absorver os grandes excedentes de inverno, só teríamos o recurso de desenvolver em maior grau do que se fez a indústria electroquímica — aquela criticada electroquímica, de que, acertadamente, hoje se fala menos do que já se falou, e para a qual se espera, dentro de alguns anos, a justiça de a ver mais apreciada do que tem sido como grande consumidora temporária.

Para concretizar o que acabo de dizer, quero dar uma ideia sobre a irregularidade da nossa produção de fio de água. Consideremos para alguns rios o regime médio mensal, isto é, o regime de probabilidade de ocorrência mensal de 50 %. Deparam-se-nos os seguintes números:

No Zêzere:

Mínimo mensal 3 m^3/seg.
Máximo 90 m^3/seg.
Proporção 1/30

No Cávado:

Mínimo mensal 0,5 m^3/seg.
Máximo 15 m^3/seg.
Proporção 1/30

No Tejo:

Mínimo mensal 26 m^3/seg.
Máximo 430 m^3/54 g.
Proporção 1/17

Repare-se no enorme desequilíbrio entre os máximos e os mínimos.

Para o Douro possuo números com menos precisão, mas posso afirmar que em anos normais o caudal médio mensal do Douro Internacional oscila entre dois limites:

Mínimo 100 m^3/seg.
Máximo 1.300 m^3/seg.
Proporção 1/13

Este último número, ainda mau, é evidentemente um pouco melhor que os anteriores, mas importa notar que ele se refere a uma época em que os espanhois já nos tinham feito o alto favor de regularizar o Esla em Rycobaio, porque antes disso o Douro era tão bom ou tão mau como os outros. Quere isto dizer que ter começado a nossa electrificação pelo Douro seria critério só explicável por um bairrismo um tanto exaltado — que não deixa de ser simpático quando, evidentemente, não é exagerado.

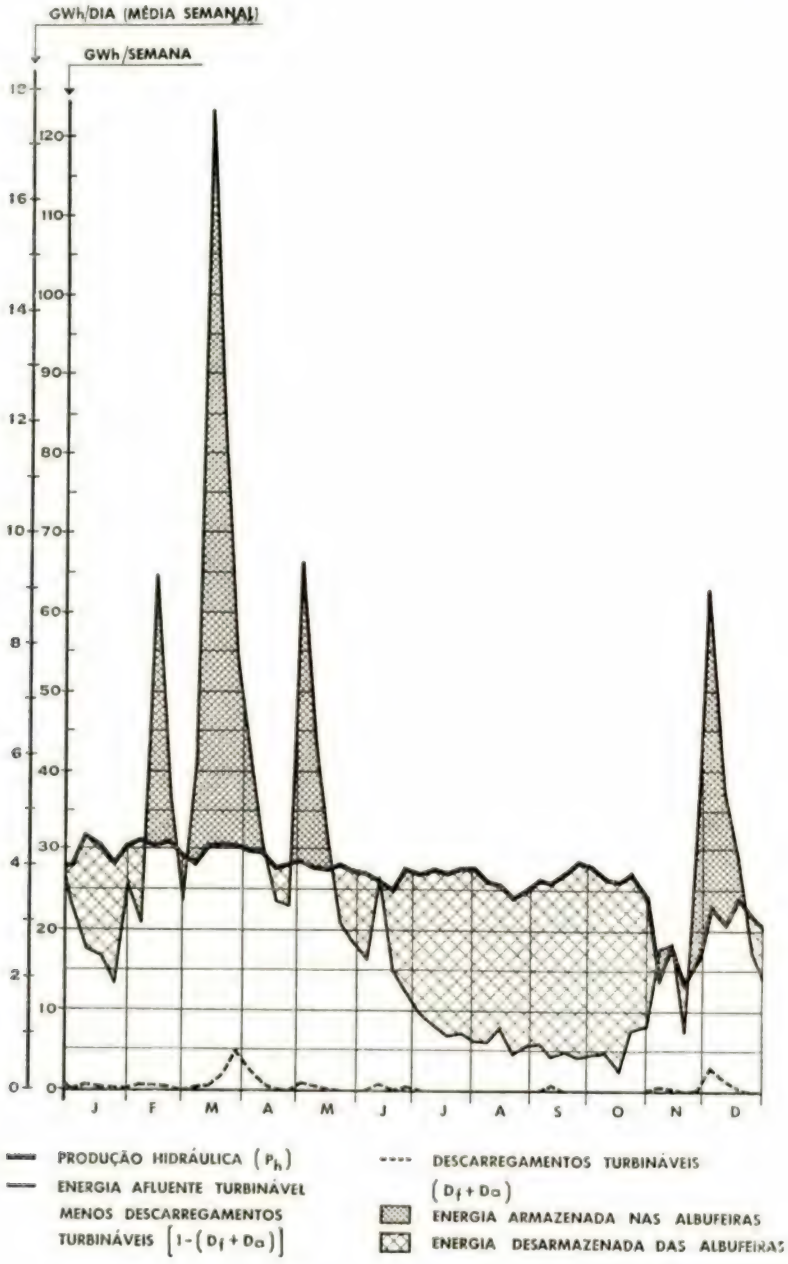


Fig. 7

Mas um traçado gráfico (Fig. 7) pode dar-nos a ideia nítida do que é em Portugal a produção de fio de água e a irregularidade com que se apresenta. Este gráfico mostra-nos, na curva mais irregular, a energia afluente aos nossos aproveitamentos durante o ano de 1954; a curva mais horizontal dá-nos a produção efectiva de energia hidráulica. Esta produção deve ter um valor pràtica-

mente constante durante todo o ano, visto que as necessidades de energia são quase uniformes, com pequeno aumento durante o inverno; no caso presente nota-se a produção um pouco caída nos dois meses finais, devido ao período de chuvas escassas que então ocorreu.

A figura mostra bem como tivemos em alguns meses excedentes de caudal afluente, a que se seguiu, durante todos os meses de verão, a falha acusada pela área com a quadrícula larga. É evidente que, se não houvesse albufeiras, os excedentes da Primavera teriam sido perdidos e não haveria maneira de compensar, a não ser à custa de uma elevada produção térmica, toda a mancha correspondente à deficiência dos caudais de verão. E não seria o Douro que nos salvaria. Parece portanto que foi acertada a ideia que houve há alguns anos de começar a nossa electrificação pelos aproveitamentos do Zêzere e do Cávado. E com isto passemos adiante.

Disse há pouco que a lista de centrais presentemente em construção foi fácil de estudar, por virtude da base muito sólida da produção de albufeira com que se contava; a situação é hoje um pouco mais delicada, pois não é possível, senão a quem tenha particulares conhecimentos do assunto, elaborar nova lista de centrais capazes de vir sobrepor-se às que existirão em 1958, para completar as necessidades de produção para 1963 e anos seguintes.

Apresenta-se agora como facto novo a necessidade de ponderar a qualidade das centrais que se vão construir, para não cairmos numa produção descompensada visto que, como a central de Picote no Douro, com o seu fio de água, vai absorver, para sua regularização, os armazenamentos dos sistemas do Zêzere e do Cávado, precisamos de cuidar particularmente do tipo das centrais futuras, de maneira a assegurar, com o mínimo de risco, uma produção equilibrada. Essa lista de centrais não pode pois fazer-se levianamente — pelo menos devem os técnicos abster-se disso. Por essa razão, não me proponho apresentar aqui um programa de construção de centrais, mas indicar algumas soluções possíveis sem, evidentemente, pretender esgotar o assunto ou ter dito sobre ele a última palavra — o que exige estudos de pormenor para que não tenho tempo nem elementos.

Se reflectirmos naquilo que convirá fazer àcerca do fio de água, várias razões nos levam à conclusão de que devemos equipar as centrais do Douro Internacional, para constituir nesta zona um forte centro de produção. Não vale a pena analisar em pormenor os motivos desta opinião; entre todos avulta o tratar-se de centrais com bom preço de produção, cuja capacidade está hoje proporcionada ao nosso consumo — o que em épocas anteriores não sucedia.

Uma vez assente que o novo programa de centrais deve compreender, como produção de fio de água, as duas unidades de Miranda e Bemposta, que ficariam a completar o sistema do Douro Internacional Português, importa acentuar que isto não chega, não tanto porque o número de kWh produtíveis não fosse bastante para cobrir as necessidades, mas porque a qualidade da energia não seria conveniente para a satisfação do diagrama. Torna-se necessário que, simultâneamente com a construção destes aproveitamentos, se instalem mais uma ou duas centrais de albufeira, capazes de nos darem alguns centos de milhões de kWh de energia de verão. Dessas centrais podemos enumerar algumas sem, no entanto, apontarmos prioridades.

Existe a possibilidade de ampliar o sistema do Cávado, no rio Homem, no Alto-Cávado ou no Alto-Rabagão, porventura em conjugação com o Alto Tâmega. Em qualquer dos casos há possibilidades de armazenamento. Ainda no Norte, há aproveitamentos com projectos já elaborados, em alguns afluentes do Douro; o Távora e o Côa foram muito falados há cerca de dois ou três anos, cairam ùltimamente no esquecimento, mas merecem voltar à baila da nossa consideração.

Na zona do Centro, afigura-se possível qualquer coisa sobre o Mondego, que a Hidroeléctrica do Zêzere estuda presentemente; um pouco mais ao sul, a albufeira de Alvito, apontada como de regularização interanual, é também uma solução que não podemos inteiramente abandonar. Entre os sistemas apontados se encontram os que poderão, simultâneamente com as centrais do Douro Internacional, constituir o grupo de unidades capaz de assegurar à volta de 1963 o abastecimento total da rede portuguesa.

Como complemento das centrais de albufeira, há que pensar nas térmicas; mas estas talvez não venham a ter até 1963, se este programa hidroeléctrico se cumprir, um desenvolvimento muito

grande em relação ao seu valor actual, considerados os projectos em curso. Está em preparação o projecto duma central de 50.000 kW para queimar antracites durienses, e encara-se, como medida de segurança, a montagem dum grupo de arranque rápido de 20.000 kW, possìvelmente uma turbina a gás. Para que não esqueça, não quero deixar sem referência a possível participação que possa vir a dar-nos a energia nuclear, que por volta de 1963 talvez já tenha algum cabimento.

Se se construíssem para entrar em serviço a partir de 1958 as centrais que apontei — as de fio de água do Douro Internacional mais uma ou duas hidroeléctricas de albufeira, capazes de nos darem qualquer coisa como 300 milhões de kWh de verão — teríamos criado, com as unidades ainda em curso, um novo sistema capaz de assegurar, sobre a produção de 1954, cerca de 2.500 milhões de kWh em ano médio, com uma potência da ordem de 700.000 kW. Com isto satisfaríamos as necessidades da rede em 1963, com folga para crescimento e para os anos secos, garantindo um pouco mais de sossego do que o que nos dá o sistema actual quanto à eventualidade de estiagem — sem querer dizer que a electroquímica não corresse ainda seu risco.

3 — Esquema da rede de interligação

Referidos os aspectos prévios que era necessário focar antes de entrarmos pròpriamente na análise dos problemas ligados à rede de transporte e interligação, observemos agora os mapas que traduzem o desenvolvimento desta, (Figs. 1, 2 e 3). Em 1943, a rede de transporte era quase inexistente; havia a linha Lindoso–Porto da Electra del Lima a 130 kV, e algumas linhas a 60 kV: Varosa–Caniços–Porto, da CHENOP, Porto–Coimbra–Condeixa, da União Eléctrica Portuguesa, Santa Luzia–Coimbra, da Eléctrica das Beiras e Velada–Maceira, da Hidro–Eléctrica Alto Alentejo. Tudo isto representava 470 km de traçado e equivalia a 20 anos de evolução, visto que a primeira linha data de 1923, salvo erro. As linhas para o Norte de Coimbra foram construídas no decénio 1920-1930, as linhas para o Sul de Coimbra no decénio 1930-1940.

Em 1953, a situação é nìtidamente melhor: encontramos 1.530 km de linha, quer dizer, o número anterior vem multiplicado por 3,3. Entre as duas datas situa-se como facto principal a criação da rede primária a 150 kV, formando a linha dorsal Cávado–Porto–Zézere–Lisboa–Setúbal; verifica-se ainda a duplicação da linha a 130 kV Lindoso–Porto e aparecem alguns acrescentamentos a 60 kV, que não vale a pena discriminar, porque o mapa os mostra claramente.

Se olharmos agora para a antevisão de 1963, encontraremos 3.480 km, quer dizer, 2,3 vezes o comprimento de linhas em 1953. Das novas linhas a 150 kV estão já construídas ou em construção a segunda linha do Cávado para o Porto, a duplicação Zêzere–Coimbra e as ligações do Cabril e Bouçã a Castelo do Bode; vai entrar brevemente em construção a linha de Setúbal para Ferreira do Alentejo e, dentro de dois ou três anos, a ligação Zêzere–Setúbal. Mas prevê-se aqui o aparecimento de linhas de tensão mais alta, 220 kV, que é imposta por dois motivos:

— Por um lado, entre o Douro Internacional e Lisboa há uma distância de 400 km, entre o Douro Internacional e o Porto há uma distância de 200 km; para as potências que se prevêem naquele centro produtor (cerca de 500 MW) e para estas distâncias, a economia de transporte exige uma tensão superior aos 150 kV da rede primária inicial.

— Por outro lado, um cálculo simples da estabilidade de marcha deste sistema mostra-nos que essa estabilidade seria extremamente precária, se estas linhas tivessem tensão inferior a 220 kV.

Está prevista, como primeira artéria deste sistema a executar, uma linha partindo da central do Picote, passando no Pocinho e vindo a Coimbra interligar numa subestação 220/150 kV com a actual linha de 150 kV que vai do Zêzere ao Porto.

Conta-se que esta primeira linha entre em exploração no fim de 1957. Cerca de um ano depois haverá necessidade de pôr em serviço uma nova linha vinda de Picote, a terminar numa subestação próximo da cidade do Porto (região de Leça do Balio); a seguir se construirá uma segunda linha para o Porto, e se prolongará a linha de Coimbra para Lisboa. Eventualmente, com a conclusão

das 3 centrais do Douro Internacional haverá que duplicar a linha Picote-Coimbra por motivo de estabilidade; esta duplicação não figura no mapa por ser duvidosa a sua necessidade em 1963.

Tal se presume que seja o esquema da rede de 220 kV em 1963; haverá que fazer ao mesmo tempo alguns complementos na rede de 150, como sejam, possìvelmente, uma terceira linha do Cávado para o Porto e uma ligação para qualquer nova central de albufeira. Completarão a rede algumas novas linhas de 60 kV, das quais se indicam no mapa as mais prováveis, destacando-se pela sua importância a que alimentará o Algarve.

Ao falarmos de linhas a 220 kV, vem à memória um problema importante: é a altura de fazer a interligação com a Espanha. Até hoje essa interligação não tem pràticamente existido, embora haja uma linha a 130 kV que parte da central do Lindoso e a liga à central espanhola das Conchas. Mas essa linha não é pròpriamente de interligação; é mais uma linha de socorro que, de vez em quando, funciona para levar energia num sentido ou noutro. Pensa-se que, uma vez posto de pé este esquema, é oportuno fazer uma interligação franca com a Espanha a 220 kV, tanto mais que o país visinho, nos seus aproveitamentos no Douro, dispõe já desta tensão. É de notar que em toda a Europa as interligações internacionais se têm desenvolvido extraordinàriamente, atingindo hoje quase uma centena, visto que a experiência mostra que apesar da regularização que dentro de cada país umas fontes dão às outras, há interesse em trocar energia com os países visinhos, pois que existem sempre diferenças hidrológicas entre as diversas bacias, permitindo certa compensação em ocasiões oportunas, com vantagem para ambas as partes.

Ocorre agora perguntar: porque se deu à rede este esquema, aliás já oficialmente aprovado em parte?

O esquema resultou da natureza do serviço que se vai pedir à rede. Como é sabido, situam-se nas regiões entre Braga e Porto e entre Lisboa e Setúbal, as duas zonas de maior densidade de consumo de energia no nosso País, exceptuados, evidentemente, os consumos concentrados das electroquímicas importantes, uma em Estarreja e outra em Alferrarede; a rede foi projectada, naturalmente, para servir da melhor maneira os centros de consumo a partir das fontes cuja construção se prevê, e para estabelecer entre estas uma permuta eficaz, que permita aproveitar plenamente os conhecidos benefícios da interligação.

Como há pouco indiquei, nós precisamos, durante o Inverno e a Primavera, de aproveitar ao máximo as energias do fio de água, cobrindo com as centrais regularizadas apenas as pontas do diagrama, para permitir que as albufeiras encham com o máximo de probabilidade. Este objectivo vai então obrigar-nos a que, durante os períodos de águas altas, o abastecimento de energia do País seja feito principalmente com as centrais do Douro e um pouco com as centrais do Cávado, visto que as unidades de jusante, Salamonde e Caniçada, são centrais com regularização muito pequena e, portanto, aproximam-se bastante nas suas características essenciais de aproveitamentos a fio de água. Mas o mesmo já não acontece com as centrais do grupo do Zêzere, pelo que durante alguns meses em cada ano estas unidades devem estar paradas a armazenar água, apenas funcionando transitòriamente quando seja necessário satisfazer uma ponta ou haja qualquer perturbação que obrigue à sua entrada em serviço. É pois evidente o interesse de canalizar fàcilmente a energia do Douro para as zonas de Lisboa e Porto.

Daqui nasceu a ideia de construir como primeira fase da rede de 220 kV uma linha vindo de Picote interligar a Coimbra, de forma que a energia do Douro se divida pela linha de 150 kV existente, uma parte para o Norte e outra para o Sul. Mas como para o Sul há necessidade de transportar maior potência, dado que no período de enchimento se deverá poupar o sistema do Zêzere, houve necessidade de que fosse dupla a linha a 150 kV entre Coimbra e Lisboa e houve, portanto, que duplicá-la entre Coimbra e Zêzere. A escolha de Coimbra para a interligação 220/150 kV resultou de razões geográficas e de razões de abastecimento: conveniência de não transpor o sistema montanhoso Estrela–Lousã–Gardunha com a linha vinda de Picote e conveniência de assegurar a alimentação da cidade e da linha férrea do Norte, quando vier a electrificar-se totalmente.

Mas a capacidade de transporte, limitada pela queda de tensão, não permite que a alimentação a partir do Douro Internacional se mantenha por muito tempo com uma única linha, além de

que as próprias condições de estabilidade de marcha não aconselham que esta situação seja muito duradoura.

Daí a ideia de, dentro apròximadamente de um ano a contar da conclusão da primeira linha, construir uma outra, desta vez para o Porto, o que permitirá melhorar a estabilidade do sistema e facilitar a entrega na região Norte. Com o crescimento do consumo previsto para esta região, haverá a seguir necessidade de duplicar esta segunda linha, para evitar um trânsito muito forte de energia reactiva pela ligação Coimbra-Porto; mais tarde, quando o consumo de Lisboa o exigir, quere dizer, quando estiverem saturadas as linhas de 150 kV e a subestação de Sacavém, hoje existente, o que se presume sucederá por 1962-63, haverá que ter em serviço uma nova subestação, a que neste mapa se chamou de Benfica, porque se supõe dever localizar-se por aquela zona, a qual receberá alimentação directamente de Coimbra a 220 kV.

A ligação directa a 150 kV Zêzere-Setúbal foi a solução que se apresentou mais conveniente para aumentar a capacidade de transporte do Zêzere para a região Lisboa-Setúbal, a cujo consumo há que somar, em 1957, as necessidades da linha do Sul; o traçado Zêzere-Setúbal consegue esse objectivo, aumentando simultâneamente a segurança de serviço em Lisboa e em Setúbal.

O pouco que fica dito basta para justificar nas suas grandes linhas o esquema da rede presentemente em construção.

4 — Alguns problemas da rede

O ar de simplicidade com que atrás se disse que durante o Inverno e a Primavera trabalharemos basilarmente com as centrais do Douro, um pouco com as centrais do Cávado e só em último lugar com as centrais do Zêzere, para aproveitar ao máximo a capacidade de armazenamento de cada um dos sistemas, pressupõe uma unidade de exploração sob a forma de entendimento muito íntimo entre todas as empresas que exploram estas centrais, para que tão apertada conjugação seja possível. De facto, esse entendimento existe, não só entre as empresas da rede primária, mas também com as da rede secundária (distribuidores); a coordenação do conjunto é assegurada pelo Repartidor Nacional de Cargas.

A criação deste organismo, prevista na Lei n.º 2 002, representou um passo muito importante no aperfeiçoamento da exploração da nossa rede eléctrica. Sem ele, sem a ordenação que ele estabelece, fixando o diagrama de cada central de acordo com as disponibilidades hidráulicas, regulando o esvaziamento das albufeiras, determinando a laboração das centrais térmicas de apoio estival, não seria possível explorar em conjunto uma rede tão complexa como esta, onde se chocam interesses de tantas empresas. A criação desse organismo e as bases em que se orienta representam avanço de tal forma considerável, que esta nossa organização pode hoje servir de exemplo a muitos países que se têm na conta de civilizados. A grande massa dos portugueses não suspeita sequer o que há de civismo e de esforço nesta unidade de comando, que faz trabalhar todas as centrais interligadas (92 % da produção do País) em obediência ao pensamento comum de assegurar a qualidade e a continuidade do serviço.

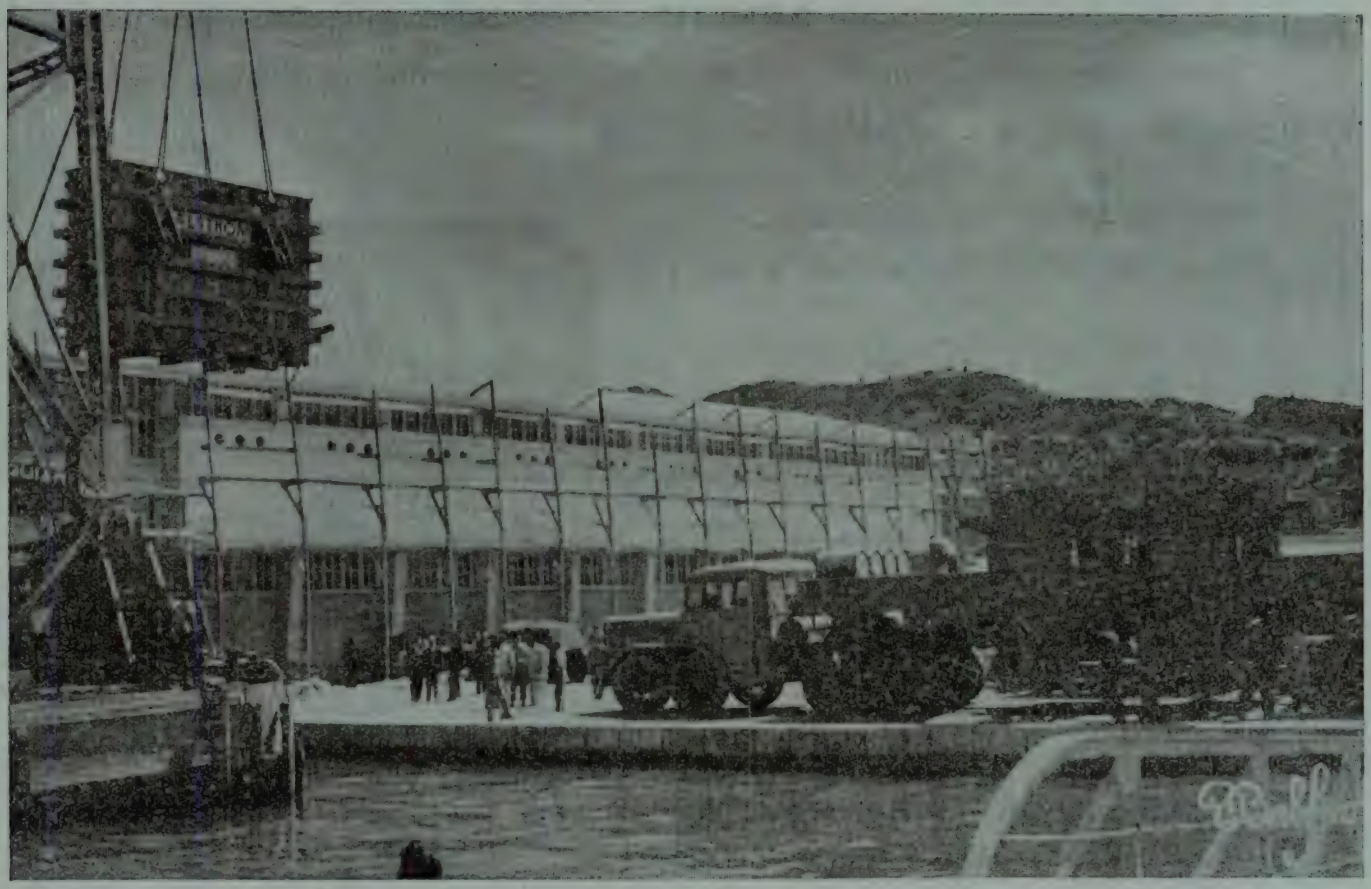
Mas não foi só no aumento das tensões de transporte e no funcionamento em regime interligado, que a exploração da rede melhorou de 1943 para cá; outros progressos técnicos se registam. Houve melhoria no sistema de protecções: tem-se procurado assegurar tanto quanto possível a sua selectividade, embora tenhamos que confessar que a coisa não está ainda inteiramente satisfatória, porque levam tempo a afinar estas subtilezas da técnica. Por outro lado, mantém-se hoje nas principais subestações um regime de tensão impecável, dentro de limites extremamente apertados; mantém-se um regime de frequência que pode comparar-se aos melhores da Europa; distribui-se a hora síncrona.

As condições de funcionamento do nosso esquema foram, dada a sua complexidade, ensaiadas mais de uma vez em analisadores de redes, com diversos objectivos que vamos passar em revista.

Em primeiro lugar, fez-se a verificação das condições normais de funcionamento, para estudar como se repartem as correntes activas e reactivas em cada uma das linhas, para diversos estados de

SOCIÉTÉ ALSTHOM

PARIS



Aspecto do carregamento dum transformador de 25.000 KVA 150/60/10 KV — com regulação em carga no camião gigante — Subestação de Setúbal da Companhia Nacional de Electricidade

DELEGADOS EM PORTUGAL

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos Industriais, 4-1.° // Telefs. 660692 - 660604 - 666082 // LISBOA

RÉGUAS DE CÁLCULO

FABRICO ALEMÃO

Numa grande variedade de sistemas em modelos de bolso, escritório e de parede.

As réguas de cálculo **ARISTO** são precisas, resistentes, práticas e duma concepção completamente diferente de todas as outras. Escreva a pedir preços e catálogos aos

Representantes exclusivos para Portugal:

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.ª, L.DA

CASA FUNDADA EM 1854

Sede: R. de Santo António, 137 — PORTO
Telef. 20254/5

Filial: R. Antero de Quental, 17 — LISBOA
Telef. 53366

ARISTO

Oficina e Laboratórios do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

carga e diversos critérios de exploração das centrais; fez-se a verificação do nível de tensões nos diversos pontos da rede e definiram-se as características dos transformadores de interligação a montar na subestação de Coimbra, primeiro ponto, como vimos, onde vai fazer-se o contacto da nova rede com a actual rede de 150 kV. Os transformadores que vão ser montados aí são auto-transformadores de 120 MVA cada um — dois transformadores em unidades monofásicas; utilizou-se o tipo auto-transformador por ser mais barato que o tipo de enrolamentos separados; e a solução é possível, visto que ambas as redes de 150 e 220 kV, terão simultânea e permanentemente o neutro ligado à terra.

Outro elemento pesquizado na análise da rede foi a estabilidade do paralelo entre as centrais do Douro e o resto da rede. Esse estudo permitiu definir a margem de estabilidade em regime normal ou perturbado e permitiu fixar as características de reactância e momento de inércia das máquinas a montar na central de Picote, presentemente em construção. Sob este aspecto, as condições mais difíceis de funcionamento são, evidentemente, as que correspondem à fase inicial, com o Douro ligado à rede actual por uma única linha; à medida que a rede se for malhando e apresentando novas artérias, as condições de marcha estável tornam-se mais folgadas.

O funcionamento de uma rede extensa como esta, implica, como é sabido, certas injecções ou subtracções de energia reactiva para efeito da regularização das tensões, por meio de condensadores ou compensadores síncronos; foi este um novo ponto sujeito a exame. Está prevista, de facto, a existência de alguns compensadores. No Norte, o grupo da central térmica, que ficará localizada um pouco a montante da foz do Sousa, com a potência de 60 MVA, será disposto para trabalhar em compensador sub ou sobre-excitado, com 25 ou 50 MVA respectivamente; pelos ensaios feitos, verifica-se que a potência de 50 MVA de compensadores no Porto é suficiente para, pelo menos até 1963, fazer a regulação de tensão naquele ponto. Para o Sul, essa regulação vai ser assegurada, como aliás já o é hoje, pelos grupos da central do Castelo do Bode trabalhando em vazio; os três grupos permitem, mesmo com o sistema alimentado pelo Douro, compensar a capacidade ou a reactância das linhas, conforme os casos, de maneira a assegurar em Lisboa um serviço conveniente de tensão.

Mas quando se montar a linha directa a 220 kV Coimbra–Lisboa, os compensadores de Castelo do Bode já não serão suficientes para manter nestas linhas potência bastante de transporte e, sobretudo, para garantir conveniente repartição dessa potência pelas linhas em paralelo. Por isso se pensa que na futura subestação de Benfica se virão a montar oportunamente máquinas compensadoras. Resta acrescentar que as térmicas actuais, Tejo em Lisboa e Cachofarra em Setúbal, e as duas do Norte, Freixo e Caniços, têm as suas máquinas preparadas para poderem igualmente desempenhar esta missão em apoio dos compensadores da rede primária — o que já hoje fazem muitas vezes.

Outro assunto estudado nos ensaios foi o da determinação das potências de curto-circuito nas diversas subestações. Tornava-se necessário verificar qual deve ser o poder de rotura dos novos disjuntores a montar e verificar até que ponto os disjuntores hoje existentes estarão ainda folgados quando se chegar ao fim do programa agora esboçado. As conclusões são favoráveis. Se observarmos o que a esse respeito se passa na rede de 150 kV, verificamos que no fim desse programa a máxima potência de curto-circuito se verificará nas barras da subestação do Zêzere, pois é este o ponto desta rede em que se encontra maior concentração de linhas e potência de máquinas. Mas o valor encontrado no ensaio foi de 1.800 MVA de potência inicial simétrica; e como os disjuntores presentemente ali montados têm o poder de rotura simétrico de 2.500 MVA, verifica-se que há ainda suficiente margem. Em todas as restantes subestações as potências de curto-circuito são inferiores àquela, o que quere dizer que todos os restantes disjuntores têm igual ou maior folga, embora alguns sejam de 2.000 MVA. A mesma folga se verifica em qualquer ponto da rede de 60 kV, pelo menos no que se refere às subestações da rede primária; a maior potência medida foi de 930 MVA em Ermesinde, onde os disjuntores têm 1.500 MVA.

Se procurarmos o ponto da rede de 220 kV onde se encontra a máxima potência de curto-circuito, é evidente que a iremos encontrar nas barras da central de Picote, porque ali se regista também a maior concentração de linhas e de potência. O número encontrado foi de 2.840 MVA; quer dizer, haverá que montar ali disjuntores com poder de corte igual ou superior a 3.500 MVA.

Torna-se claro que em todos os outros pontos a 220 kV a impedância das linhas tornará as potências de curto-circuito sensìvelmente menores.

Finalmente, quero dizer duas palavras sobre um novo cliente que vai ter a nossa rede primária e cujo aparecimento representa um outro passo considerável na senda do aperfeiçoamento da economia portuguesa. Refiro-me à electrificação dos caminhos de ferro. Tivemos todos a satisfação de ler nos jornais de há dois ou três dias que havia sido adjudicada a primeira fase dessa electrificação, compreendendo os arredores de Lisboa, a linha de Sintra e a linha do Norte até ao Entroncamento. Façamos votos para que a obra não fique por ali e prossiga, como parece acertado, até ao Porto.

Ora a alimentação deste cliente veio pôr à rede de transporte certos problemas, que é interessante referir. Sabido que a tracção monofásica de 50 Hz atingiu uma fase de desenvolvimento que permite adoptá-la sem receio de dificuldades pelo que respeita à tracção, e reconhecido ainda que essa solução é mais barata que a dos tipos clássicos da corrente contínua ou monofásica de 16 2/3 Hz, havia que a aceitar em princípio, embora tomando a precaução de medir as consequências da alimentação das cargas monofásicas. O problema nunca nos causou grande preocupação, visto que é sabido que o coeficiente de desequilíbrio provocado por uma carga monofásica numa rede trifásica, isto é, a relação entre o valor das tensões inversas e das tensões directas, é aproximadamente igual à relação entre a potência monofásica pedida e a potência de curto-circuito da rede trifásica no ponto onde se faz a tomada dessa carga monofásica. Como se dá a circunstância feliz de a via férrea a electrificar passar sempre perto de subestações da rede primária (Lisboa, Zêzere, Coimbra, Porto), e portanto de pontos em que as potências de curto-circuito são elevadas, nunca houve grande receio de que as cargas monofásicas pedidas pelo caminho de ferro viessem causar perturbação no serviço dos restantes clientes.

No entanto, para maior tranquilidade, fez-se o ensaio num analisador, para o efeito de estudar esta influência. Os resultados foram conformes àquilo que se esperava, pois se verificou que mesmo em condições relativamente desfavoráveis de serviço da rede, quer dizer, mesmo em horas de pequena carga, em que há menos potência de máquinas geradoras em serviço e em que, portanto, as potências de curto-circuito são mínimas, nunca o factor de desequilíbrio excedeu 3 % (limite que nos dá perfeita tranquilidade), desde que se tomassem determinadas precauções.

Uma delas é a de que a rede monofásica deverá ser alimentada através da montagem Scott; a outra, a de que a rede de transporte deverá sempre ter nas suas subestações, alimentadoras da rede ferroviária, número suficiente de transformadores em serviço, para que a impedância de curto-circuito seja suficientemente baixa. Como as duas condições não são muito difíceis de satisfazer, o assunto considerou-se arrumado.

Mas um outro pequeno problema surgiu ainda: a Companhia dos Caminhos de Ferro resolveu adquirir locomotivas com rectificadores, as quais irão portanto introduzir harmónicas na rede primária. O facto não causa também preocupação; primeiro, porque o número de locomotivas em serviço, pelo menos nesta primeira fase, é muito pequeno; segundo, porque nos países em que esta técnica está mais avançada, nomeadamente a França, o problema das harmónicas tem sido pesquisado e, até hoje, nada de importante se notou.

Pode até dizer-se que o inconveniente das harmónicas nasceu ao contrário dos inconvenientes gerais. De facto, no caso geral, ao fazer-se qualquer coisa de novo, os defeitos revelam-se por si e procura-se maneira de os corrigir; no caso presente houve uma origem mais académica: como os técnicos sabem que a rectificação da corrente gera harmónicas, começaram logo a imaginar o que elas poderiam fazer de mau na rede de alimentação. Mas tiveram talvez uma decepção: até agora as harmónicas mal se revelaram, o que nos leva a supor que a rede ferroviária portuguesa poderá à vontade comprar locomotivas desse tipo, se tiver interesse em o fazer, sem que a rede alimentadora tenha de se queixar de qualquer perturbação. Esta é, pelo menos, a convicção de momento; pode bem ser que o futuro venha a mostrar a necessidade de impor a essas locomotivas certas limitações.

Com isto dou por concluída esta rápida análise do que é o desenvolvimento da rede portuguesa de interligação. Julgo que, com estes simples apontamentos, dei uma ideia relativamente

justa daquilo que tem sido a evolução da produção de energia, da potência instalada e da rede de transporte. E vou portanto, concluir com algumas reflexões finais.

Comecei por fazer referência à Lei 2002, que anotei como ponto de partida. Mas é preciso dizer-se, porque é verdade, que nem tudo que referi é devido à sua acção; outras causas contribuiram para este bom resultado. Por um lado, nem tudo que está escrito na Lei 2002 se tem cumprido; por outro, muito do que se fez poderia ter-se feito mesmo sem a Lei. Mas apesar destas reservas, é indiscutível que essa Lei foi um precioso catalizador, cuja acção de presença permitiu obter resultados sobre os quais era legítimo ter perdido toda a esperança, tão longo o tempo que se esperou. Aquilo que está feito é relativamente muito, como se vê, mas é em absoluto ainda pouco, visto que estamos, apesar de tudo, na categoria de País pouco electrificado. No entanto, aqueles que têm acompanhado esta obra e lhe têm dado o seu esforço encontram certamente motivo de satisfação.

Em Maio de 1935, quere dizer, numa época tão recuada que está 8 anos atrás do triste esquema de 1943, que há pouco vos mostrei, tive ocasião de escrever num dos relatórios da Estatística das Instalações Eléctricas, as frases que vou ler:

> Mas nem as maiores centrais, nem as linhas mais imponentes que o pensamento alcance resolvem o nosso problema na fase de crise doutrinária em que hoje se encontra. Há opiniões com mais ou menos calor e acerto, umas conhecidas e outras reservadas; falta a doutrina legal. Falta fixar um critério sobre aproveitamentos hidráulicos, orientar as concessões de centrais térmicas, refundir profundamente os cadernos de encargos sobre distribuição, reformar os regulamentos de licenças, firmar o papel do Estado como animador e colaborador da obra de electrificação — numa palavra, falta lançar ideias novas e dar finalidade a coisas que hoje a não têm.
>
> Este aspecto, seguramente o mais difícil, não é o único; tem que se lhe seguir o plano das obras. Mas a ordenação da indústria eléctrica tem que preceder a sua expansão; mostram-no as reflexões deste relatório, as dos relatórios que o antecederam e tudo o mais que se sabe e se não diz.
>
> Quebrará o encanto quem souber (e puder) imprimir aos órgãos dispersos da electricidade portuguesa a harmonia serena das leis físicas do Universo. Esse terá achado o que nos falta: a Lei.
>
> E a Lei será fecunda.

Ao reler estas palavras, que escrevi com alguma amargura, porque poucos lhes davam atenção, sinto-me satisfeito, porque verifico que elas não envelheceram, apesar de terem 20 anos — exactamente 20 anos.

Depois daquilo que expus, cada um poderá ajuizar até que ponto era fundada a esperança na fecundidade da Lei. Tenho dito.

ALUNOS PREMIADOS NO ANO LECTIVO DE 1953-54

PRÉMIOS

«Doutor Mira Fernandes»

destinado ao aluno mais classificado nas cadeiras de Cálculo Diferencial, Integral e das Variações e Mecânica Racional.

Aluno n.º 3576, *Ricardo José Minotti da Cruz Filipe.*

«Francisco da Fonseca Benevides»

destinado ao aluno mais classificado na cadeira de Física Geral e Experimental.

Aluno n.º 3576, *Ricardo José Minotti da Cruz Filipe.*

«Tomaz Bordalo Pinheiro»

destinado aos três primeiros alunos mais classificados na cadeira de Desenho Técnico.

1.º classificado — aluno n.º 3828, *Cândido Carlos da Cruz Varanda*
2.º classificado — aluno n.º 3476, *Helder Costa Rodrigues*
3.º classificado — aluno n.º 3698, *Fernando Ernesto Figueira Ferreira de Almeida.*

«Saraiva de Carvalho»

destinado ao aluno mais classificado na cadeira de Pesquizas de Exploração de Minas.

Aluno n.º 1622, *Nuno Jorge de Sousa Pontes.*

destinado ao aluno mais classificado no último ano do curso de engenharia electrotécnica.

Aluno n.º 2723, *Luís Filipe Lucena Ferreira.*

«Dr. Mário Bastos Wagner»

destinado ao aluno mais classificado na especialidade de engenharia químico-industrial.

Aluno n.º 2673, *Cecílio Eugénio Gracias.*

«Bandeira de Melo»

destinado ao aluno mais classificado em qualquer dos cursos de engenharia.

Minas — aluno n.º 2764, *Augusto Manuel Pinto Clara*
Electrotécnica — aluno n.º 2717, *José Manuel Silveira da Cruz Morais*
Mecânica — aluno n.º 2646, *António Severino Pinto*
Químico-industrial — aluno n.º 2763, *Cecílio Eugénio Gracias.*

«Dr. Brito Camacho»

destinado ao aluno que concluir com maior classificação qualquer dos cursos professados no Instituto.

Aluno n.º 2673 — *Cecílio Eugénio Gracias.*

Pincéis para artistas

que são uma perfeição

Fabricantes de pincéis para artistas há cerca de 200 anos, a Reeves está apta a satisfazer todas as exigências de pintores, desenhadores e autores de projectos, em pincéis para aguarela e óleo.

A perícia de gerações de especialistas garante um produto de qualidade inigualável.

Reeves

ENFIELD — MIDDLESEX — INGLATERRA

Representante em Portugal:

A. LOPES DA SILVA

R. dos Fanqueiros, 15-2.º D.to LISBOA

O NOME REEVES É UMA GARANTIA DE CONFIANÇA

XYLAMON assegura uma **PROTECÇÃO TOTAL** da madeira contra todos os seus parasitas: fungos, insectos e teredo.

XYLAMON

Existe em várias qualidades, umas preventivas outras curativas.

XYLAMON é um produto de **EMPREGO FÁCIL E ECONÓMICO**

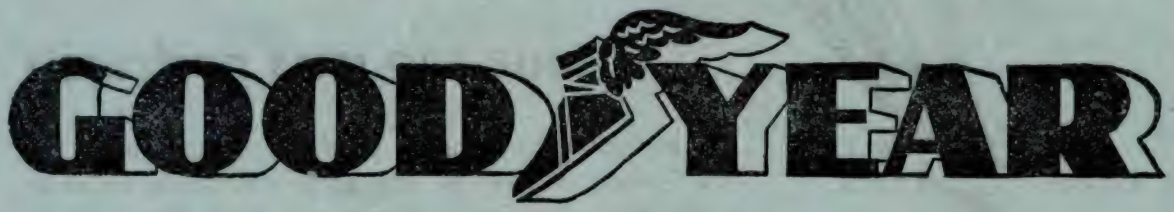
Experiências feitas no LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, comprovam OFICIALMENTE em Portugal a excelente qualidade do XYLAMON

PARA COMPRAS E ESCLARECIMENTOS:

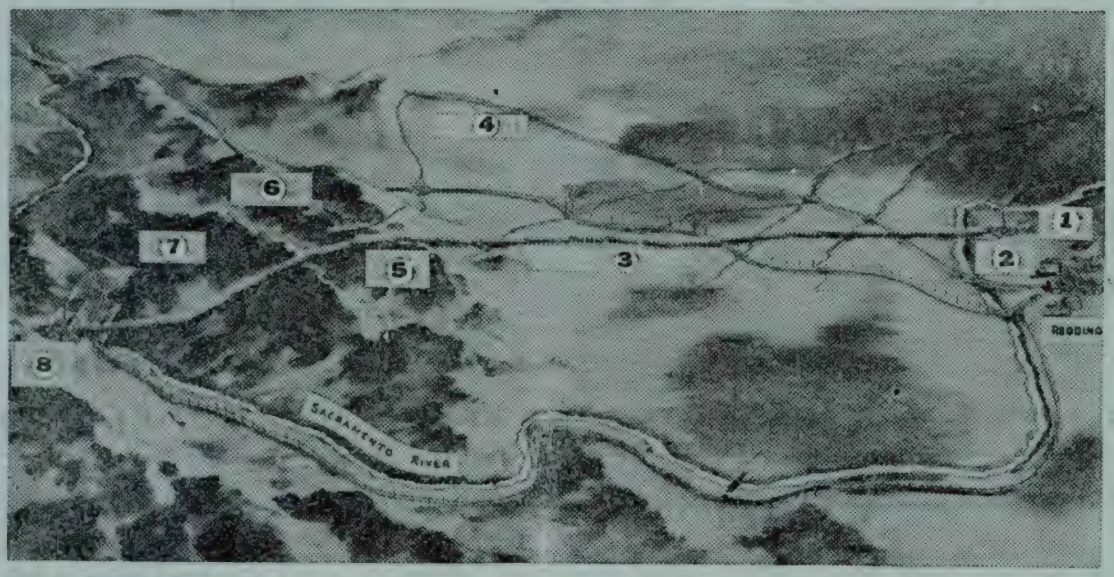
SOMIPA ◆ Rua Fialho de Almeida, 3, 4.º E. ◆ Tel. 5 1512

LISBOA

Cerca de 30 km de correias transportadoras



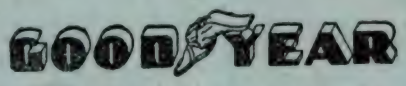
numa só instalação.



Instalação transportadora de Great Central Valley, Califórnia

Esta instalação, que foi montada especialmente para transporte da areia e brita necessária à construção da Barragem Shasta, no Rio Sacramento, consta de 26 correias transportadoras sem-fim, de 1.200 m de comprido, 36'' de largo e accionadas por motores de 200 h. p. cada uma.
O sistema tem uma capacidade de transporte de 1.000 toneladas por hora, a uma velocidade de cerca de 3 m/seg. O material em trânsito conserva-se sobre a transportadora (3) durante cerca de hora e meia, para percorrer 15.300 m, desde a instalação de britagem (1) a uma altitude de 160 m acima do nível do mar (2), atravessando uma auto-estrada (4), atingindo uma altitude de 475 m (5) e cruzando por duas vezes o rio, até atingir o ponto de construção da barragem (7).

Use também correias transportadoras



Um tipo especial para cada serviço.

Distribuidores exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA**

R. dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

Telef. 2 5058 / 2 4502 / 2 1729

Teleg. CANELASCO

C. D. 627.16

BOMBAGEM DE AREIAS ATRAVÉS DE EMBOCADURAS [1]

PELO ENG.º FERNANDO MARIA MANZANARES ABECASIS
Chefe da Divisão de Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

A. Introdução

Quando, numa costa arenosa com transporte litoral fortemente predominante num dos sentidos, como é o caso corrente, existe uma embocadura lagunar, uma foz dum rio ou uma entrada dum porto, estes acidentes vêm constituir um obstáculo ao transporte litoral. Este, contudo, restabelece-se automàticamente, com a formação dum banco exterior de profundidades reduzidas, que se mantém em equilíbrio mais ou menos estável sob a acção do transporte litoral que o alimenta e das correntes de maré através da embocadura, que tendem a erodi-lo. Simultâneamente a corrente de enchente, de si habitualmente pouco intensa para poder arrastar quantidades consideráveis de areias do banco ou barra exterior, toma o material posto em suspensão pela rebentação da vaga que, em virtude das profundidades reduzidas, se verifica no banco exterior e vai depositá-lo no interior da laguna, porto ou estuário, formando um banco interior. Estas aluviões do banco interior dificilmente podem ser retransportadas para o exterior, em virtude da ausência de rebentação, e ainda porque sendo a enchente e a vazante hidrodinâmicamente diferentes — a primeira concentrada na extremidade interior do canal e a segunda equipotencial, com um efeito de chamada sobre toda a zona vizinha dessa extremidade — a intensidade da corrente de enchente na zona de deposição é consideràvelmente mais forte que a da vazante.

Desta forma, podem-se condensar em três as consequências da existência duma singularidade, como as referidas, numa costa arenosa: a diminuição de profundidades nas extremidades interior e exterior do canal de entrada; a subtracção ao transporte litoral normal dum volume considerável de aluviões e a consequente entrada em erosão da costa situada a jusante, no sentido do transporte litoral. A primeira das consequências tem inconvenientes sérios se a embocadura é utilizada pela navegação; a última tem-nos igualmente, em maior ou menor escala, se a costa é fàcilmente erodível e se existem propriedades valiosas próximo da praia.

O método clássico para dar remédio a estes problemas consiste na construção de molhes convenientemente orientados, com as testas a profundidades suficientemente elevadas para que o transporte litoral na entrada não interfira com a navegação. A solução, além de, em muitos casos, ter um carácter temporário, pois que as areias, atingindo a testa dos molhes, repetem a situação existente antes da construção destes, tem como consequência, durante o período de ajustamento do regime litoral às novas condições, a interrupção total ou quase total do transporte de aluviões para jusante da embocadura, no sentido desse transporte. Passado esse período de ajustamento, as areias litorais podem ser lançadas em profundidades de tal ordem que não sejam recuperáveis para o movimento litoral.

A solução que, sob o ponto de vista de pura lógica, se impõe como mais elegante e eficaz, quer para evitar assoreamentos que interfiram com a navegação, quer para impedir as erosões costeiras, é, sem dúvida alguma, o restabelecimento artificial do transporte litoral natural pela bombagem das aluviões através dessa embocadura. É este o objectivo das instalações que vamos descrever.

As considerações que apresentaremos são fruto, em primeiro lugar, de leitura da bibliografia, aliás escassa, existente sobre o problema. Em segundo lugar, da troca de impressões com os

[1] Adaptação duma conferência realizada na Ordem dos Engenheiros em 21-IV-1955.

engenheiros do «Beach Erosion Board» do «Corps of Engineers» dos Estados Unidos, no decorrer duma missão de estudo levada a cabo em Janeiro do ano corrente, juntamente com o eng. José Castanho da Secção de Hidráulica Marítima do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. E, finalmente, da visita ao lago Worth e à estação de bombagem da sua embocadura meridional, bem como das trocas de impressões com os engenheiros e maquinistas encarregados da exploração dessa estação de bombagem.

As instalações de bombagem contínua ou intermitente de areias através de embocaduras ou de entradas de portos são relativamente frequentes nos Estados Unidos. Por esta razão, embora dedicando especial atenção ao caso da embocadura meridional do lago Worth, que foi aquele que foi considerado e discutido mais em detalhe e cujas instalações foram visitadas, procuraremos dar uma ideia geral dos problemas que tais instalações pretendem resolver, das condições necessárias para a sua realização eficiente e económica e ainda das dificuldades inerentes à sua construção e exploração. Far-se-á também referência a algumas instalações existentes ou em projecto, principalmente na América do Norte.

B. Generalidades sobre estações de bombagem de areias

As estações de bombagem de areias através de embocaduras ou entradas de portos, pelo objectivo fundamental que habitualmente visam — o restabelecimento da continuidade do transporte sólido ao longo da costa, evitando assim erosões na zona costeira situada a jusante da embocadura, no sentido do transporte litoral — podem ser consideradas como um caso particular da alimentação ou enchimento artificial de praias.

Têm de peculiar um segundo objectivo que, por vezes, pode atingir importância comparável, ou mesmo maior que a do primeiro: evitar a diminuição de profundidades devido à formação de bancos exteriores e impedir a entrada de aluviões litorais na laguna, porto ou estuário, através da embocadura, com o consequente assoreamento e formação de bancos interiores.

Pelas razões expostas, faremos uma referência geral aos problemas postos pelas instalações de alimentação ou enchimento artificial de praias, dedicando particular atenção às estações de bombagem de areias através de embocaduras ou entrada de portos.

Na alimentação artificial de praias devem ser tidas em consideração as características da areia que é fornecida à praia a alimentar artificialmente. Com efeito, convém que essa areia não seja mais fàcilmente erodível do que a areia natural da praia. Se for mais grosseira ou de maior peso específico, a praia formada artificialmente será mais difìcilmente erodida que a praia existente inicialmente, mas, em contrapartida, a sua inclinação será maior que a das praias vizinhas.

Em muitos casos em que foi adoptada a alimentação ou enchimento artificial de praias para resolver um dado problema a razão dessa adopção foi o considerar-se esse procedimento como a solução mais económica.

Em virtude deste facto os factores económicos duma solução deste tipo devem ser cuidadosamente analisados.

As quantidades de areia que serão necessárias para levar a praia ao perfil desejado, a frequência e volumes de enchimentos ulteriores, o comprimento, a duração e os encargos de conservação das condutas de aspiração e compressão podem decidir se o enchimento ou alimentação artificial duma praia é a forma mais económica de obviar a um dado problema de erosão costeira.

Se exceptuarmos um número limitado de pormenores, as operações de alimentação e de enchimento artificial são inteiramente semelhantes. Ambas usam os mesmos métodos e o mesmo equipamento para resolver o problema mais importante: obter e transportar econòmicamente quantidades determinadas de areia.

Existem vários métodos e equipamento para dragar e transportar areias. Uma determinada combinação de instalação e de métodos pode ser vantajosa sob certas condições e inconveniente noutras.

A utilização de dragas de sucção é o método mais económico para dragar e transportar areias, quando se verificam as seguintes circunstâncias:

1 — a fossa de empréstimo está coberta de água, mas em zona abrigada da ondulação exterior
2 — a draga pode deslocar-se até à zona de empréstimo através de águas navegáveis
3 — a quantidade de areia a transportar é considerável

4 — a distância de transporte é relativamente curta

5 — o perfil da tubagem de compressão é aproximadamente horizontal.

Frequentemente, sucede que, as praias em processo de erosão estão situadas na orla exterior de cordões litorais de topografia plana e baixa, com zonas lagunares entre o cordão litoral e a costa. Desta forma, em grande parte dos casos, a laguna contém canais de navegação que fornecem meio fácil para deslocar a draga até às zonas de empréstimo. A existência desses canais lagunares torna ainda possível outra forma de economia. Nalguns casos a obtenção de aluviões para alimentação ou enchimento artificial duma praia pode realizar-se a partir de dragagens necessárias à manutenção dalgum daqueles canais lagunares. Este método, adoptado em Palm Beach, permitiu uma economia de 100.000 dól. numa operação estimada inicialmente em 250.000 dól.

Verificou-se porém, que, quer combinado com o aprofundamento de canais lagunares, quer não, o método da alimentação artificial de praias é, em grande parte dos casos, o mais económico para resolver problemas de erosão. Contudo, em cada caso concreto, deve ser comparado o custo da bombagem periódica de areias da laguna para zonas de alimentação na praia com o custo da construção e conservação de estruturas de defesa ao longo da costa.

Quando a causa do estado de erosão duma costa reside no facto do transporte sólido litoral estar interrompido a montante por um canal ou embocadura protegida por molhes, o restabelecimento mecânico da continuidade do transporte litoral através dessa embocadura pode ser a solução mais vantajosa para o problema de erosão existente.

No caso duma entrada dum porto, duma embocadura fluvial ou lagunar existe, como atrás foi referido, um segundo problema que importa resolver. Com efeito as aluviões começam a depositar-se junto do molhe protector da embocadura que se encontra a montante no sentido do transporte litoral e, se o movimento aluvionar é intenso, a breve trecho atingem a testa do molhe, contornam-na e, trasportadas pela vaga e pelas correntes de maré, começam a provocar assoreamentos na embocadura e no interior, ao mesmo tempo que a costa a jusante entra em erosão.

Uma vez que a dragagem de grandes quantidades de areia duma embocadura exposta à ondulação exterior é uma operação difícil e cara, é preferível, para manter as profundidades da embocadura, evitar que as areias litorais nela penetrem. É esta uma das razões primárias da construção de molhes. Quando, porém, a acumulação de aluviões junto do molhe de montante começa a provocar a entrada de areias na embocadura segue-se habitualmente, para evitar o assoreamento desta, um dos cinco procedimentos seguintes:

1 — reduzir a intensidade do transporte litoral a montante da embocadura, por meio de obras apropriadas, tais como sistemas de esporões

2 — prolongar os molhes até uma profundidade tal que o assoreamento se verifique em águas suficientemente profundas para não interferir com a navegação

3 — aumentar a capacidade de transporte da corrente de vazante através da embocadura

4 — restabelecer a continuidade do transporte sólido ao longo da costa bombando as areias através da embocadura

5 — manter as profundidades no canal por meio de dragagens.

A escolha de um destes meios deve ser condicionada pela sua viabilidade e pelo estudo económico comparativo de cada um deles. A solução tradicional consiste em prolongar os molhes ou aumentar a capacidade de transporte da vazante actuando quer na sua velocidade quer no volume de água transportado pela mesma. Contudo, em certos casos, a solução indicada com o número 4 pode ser a mais aconselhável. Esta solução tem ainda a vantagem, que nalguns casos poderá ser decisiva, de evitar as erosões na costa a jusante da embocadura. Contudo, não obstante a sua aparente simplicidade, existem vários factores que tornam por vezes a solução econòmicamente difícil.

Com efeito, por um lado a zona onde é necessário ir buscar as areias está inteiramente exposta aos temporais e por outro é precisamente durante esses temporais que a instalação tem de trabalhar a pleno rendimento, por ser durante esse período que o transporte litoral e a acumu-

lação de aluviões na zona de empréstimo é mais intensa. É evidente que, em tais condições, a utilização duma draga flutuante seria não só perigosa, mas também sujeita a frequentes interrupções devido ao mau tempo. Por sua vez uma draga montada sobre rodas, além de ter de ser retirada em períodos de temporal, exigiria um sistema especial de ligação da draga móvel à conduta de compressão fixa que constituiria sempre um ponto frágil do sistema. Qualquer destes dois procedimentos, contudo, teria a vantagem de que a draga se poderia deslocar na zona de bombagem. Neste caso especial, porém, não é necessária uma grande amplitude de movimentos da draga, visto que existe uma zona de empréstimo que, frequentemente, está inteiramente cheia e não é necessário que a draga se desloque em busca do material a dragar, pois que este se desloca em direcção à draga. Desta forma verifica-se que a melhor solução para o sistema de dragagem consiste numa ou mais bombas de areia fixas, permanentemente montadas em centrais robustas com fundações sólidas, situadas no molhe de montante da embocadura.

O problema porventura de solução mais difícil nestas instalações é o da forma de atravessamento da embocadura pela tubagem de compressão da bomba de areia. Existem fundamentalmente cinco formas de realizar esse atravessamento:

1 — a tubagem de compressão pode contornar a costa, desde um dos bordos da embocadura até o outro. É evidente que esta solução só será pràticamente viável no caso de portos de dimensões relativamente pequenas
2 — pode atravessar a embocadura ou a entrada do porto numa ponte permanente
3 — o atravessamento pode dar-se numa ponte flutuante
4 — a tubagem pode atravessar o canal pelo fundo, enterrada numa trincheira
5 — ou ainda, a travessia pode realizar-se num túnel sob o canal ou embocadura.

Esta última solução é de tal forma cara que, ordinàriamente, não será econòmicamente viável. Uma vez que uma rotura na tubagem de compressão terá como consequência não só inundar o túnel, mas também enchê-lo de areia, será necessário equipá-lo com bombas de esgotamento bem como com válvulas de segurança comandadas por queda brusca de pressão.

O assentamento da conduta de compressão numa trincheira no fundo do canal tem o inconveniente de tornar impossíveis as visitas frequentes, as reparações e as substituições de troços de tubagem que o necessitem. Em consequência a tubagem submersa deve ser especialmente durável e ter uma resistência considerável à abrasão e à corrosão por água salgada. A sua posição exige ainda secções muito robustas com juntas flexíveis. A observância destas condições torna extraordinàriamente elevadas as despesas de primeiro estabelecimento, não obstante o que não fica eliminada totalmente a possibilidade de longas paragens da instalação para pesquisar o local duma rotura ou dum entupimento e reparar a respectiva avaria.

O atravessamento do canal ou embocadura com a tubagem apoiada numa ponte flutuante acarreta pesados encargos de manutenção e de exploração, em especial quando existe navegação através do canal. A conservação dos flutuadores requer habitualmente despesas consideráveis em mão de obra, ferramentas e materiais. São necessários rebocadores para abrir e fechar a abertura para navegação e para manobrar a tubagem. A verificação constantemente necessária das âncoras e dos cabos e as beneficiações das juntas da tubagem ocupam um pessoal considerável.

Além disso, à aproximação dum temporal, as âncoras devem ser aladas e recolhidas e o pontão flutuante deve ser desmembrado e transportado para uma zona abrigada ou içado para terra.

A solução da tubagem flutuante é de primeira instalação cara e manutenção onerosa, acentuando-se tanto mais estas características quanto mais intensa é a navegação através do canal e mais agitado é o mar.

Nalguns casos é possível colocar a conduta de compressão das bombas contornando uma área navegável. Consegue-se desta forma manter a tubagem permanentemente acessível, tornando pouco onerosas as reparações, substituições e inspecções da mesma. Esta solução não exige particularidades especiais ou caras, a não ser, eventualmente, bombas auxiliares no percurso da tubagem, quando esta é muito extensa.

A solução mais favorável consegue-se quando

próximo da embocadura existe uma ponte fixa sobre a qual se pode apoiar a tubagem. Se a ponte for móvel, basculante, giratória ou elevatória, é necessário prever juntas que permitam a abertura do troço móvel, para dar passagem aos navios. Quando não existir a ponte, em certos casos, poderá assentar-se a conduta sobre pilares na maior parte da travessia do canal, deixando um espaço livre para a navegação, que pode ser vencido com um tramo giratório ou com um sifão submerso.

As considerações anteriores dizem respeito aos problemas e soluções mais correntes, e põem em evidência a necessidade do estudo cuidadoso de cada um desses problemas e soluções.

C. Algumas instalações existentes

Como já foi referido, são relativamente frequentes na América do Norte, as instalações de bombagem de areia através de embocaduras ou de entradas de portos, tendentes a restabelecer a continuidade do transporte litoral, evitando dessa forma as erosões a jusante das embocaduras e o assoreamento destas ou das lagunas e portos a que dão acesso. Faremos referência, embora breve, a algumas das mais importantes, em exploração ou em projecto, indicando as suas características fundamentais. A instalação da embocadura meridional do lago Worth, na Flórida, será descrita com mais detalhe, quer porque foi directamente visitada, quer porque é aquela em que o regime fisiográfico da costa é melhor conhecido e as características e resultados da exploração foram mais profundamente averiguados.

1 — A estação do porto de Salina Cruz (México)

O porto de Salina Cruz (fig. 1) situado na costa mexicana do Pacífico é inteiramente artificial. Consiste num porto exterior ou ante-porto, protegido por dois molhes convergentes, e num porto interior separado do primeiro por dois cais com a mesma direcção, que deixam livre, entre si, uma passagem de cerca de três dezenas de metros.

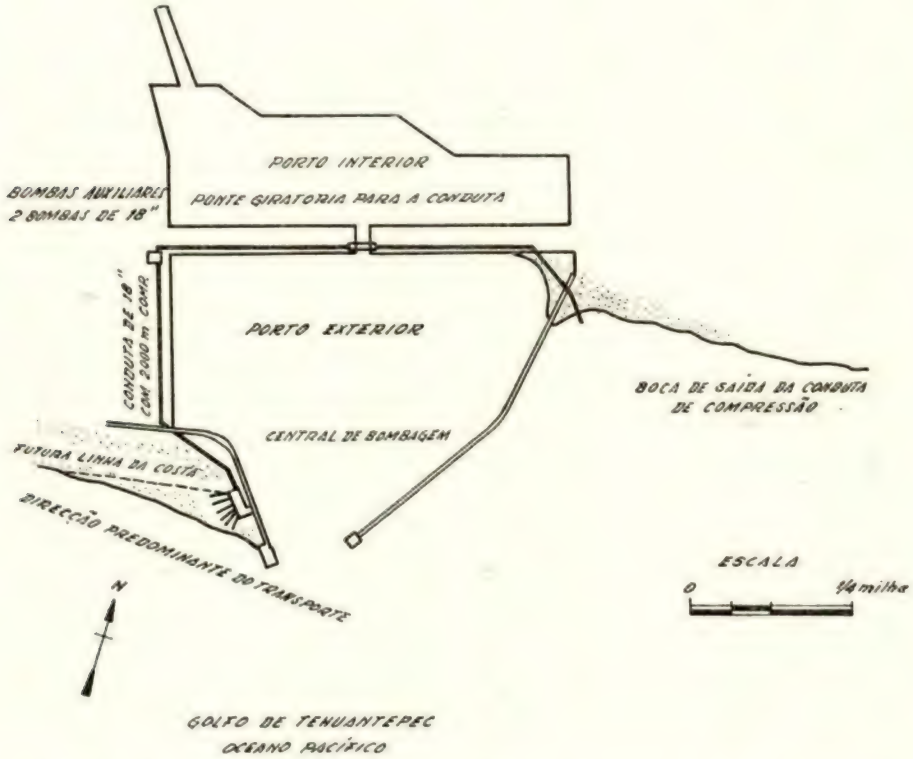


Fig. 1 — Esquema da instalação de bombagem do porto de Salina Cruz

Logo após a construção do porto a praia ados-

sada ao molhe oeste começou a crescer ràpidamente, atingindo em curto espaço de tempo a testa do molhe, onde inicialmente havia profundidades de 27 m, e começando a invadir o ante-porto.

Para obviar a este estado de coisas foi necessário manter em operação uma draga durante mais de quarenta anos, o que custou ao governo mexicano 50 milhões de pesos (cerca de 170 mil contos), sem conseguir atingir o fim em vista.

Para resolver o problema duma forma eficaz foi decidido, depois de cuidadosos estudos, construir uma estrutura fixa e robusta próximo da extremidade do molhe ocidental, do lado em que a areia se acumula, e instalar nela potentes bombas de areia destinadas a bombar os sedimentos em torno da costa e através dos cais e, por fim, lançá-los a leste do molhe oriental.

Na estrutura citada existe uma sala de máquinas com 60 m de comprimento por 11 de largura, onde estão instaladas duas bombas de areia movidas por motores Diesel de 450 H. P. bem como o equipamento acessório, constituído por dois geradores eléctricos de 200 H. P. movidos por motores Diesel, que produzem a energia para os motores auxiliares e para os guinchos, bombas de refrigeração, vácuo, lubrificação, esgotamento, etc.

Não só o equipamento de dragagem, mas todo o equipamento auxiliar está montado em unidades duplas, a fim de permitir a laboração da estação de bombagem mesmo em caso de avaria duma das unidades.

As bombas aspiram a areia por meio de seis tubagens móveis, dispondo de jacto de água a alta pressão, destinado a facilitar a aspiração, pondo em suspensão a areia. Estas seis condutas, cada uma das quais pode ser ligada a uma das bombas, conseguem, no seu conjunto, varrer uma trincheira com cerca de 60 m de comprimento e 10 de profundidade. O movimento de cada um dos tubos de aspiração, para cima, para baixo e para os lados é realizado por três guinchos eléctricos.

A conduta de compressão, como já foi referido, estende-se pela margem do porto exterior até aos cais interiores, passa sobre estes e vai lançar-se na praia a leste do molhe oriental, próximo do seu enraizamento. No percurso (ver fig. 1), em virtude da sua grande extensão (2.200 m), foi necessário instalar uma estação de bombagem auxiliar, na qual existe um equipamento electro-mecânico de características idênticas ao da estação principal de bombagem.

A conduta de compressão é de aço e tem o diâmetro de 18 polegadas. Em todo o seu percurso está à vista, de forma que pode ser fàcilmente vistoriada em qualquer ocasião. Embora inicialmente tivesse sido considerada a hipótese de fazer o atravessamento da entrada do porto interior por meio dum sifão, esta solução foi abandonada em favor da que realmente foi construída, que consiste num troço de conduta montado num pontão giratório, que se abre para dar passagem à navegação.

As bombas instaladas nas centrais de bombagem foram fabricadas pela «West Conrad Company». O custo do primeiro estabelecimento da instalação foi de 10 milhões de pesos mexicanos, dos quais 60 % destinaram-se ao equipamento electro-mecânico. O custo da exploração anda por cerca de 20 centavos de peso por cada metro cúbico de areia bombada.

Nos anos de exploração com que já conta, a eficiência da instalação não se tem mostrado satisfatória. Este facto é atribuído a duas causas, a primeira das quais se julga que tenha influenciado consideràvelmente a segunda. Assim, por um lado, a necessidade de interromper frequentemente a bombagem para dar passagem a navios através do canal de comunicação entre os portos interior e exterior tem afectado gravemente a continuidade do funcionamento da central e por outro, essa mesma irregularidade do funcionamento e a enorme intensidade do transporte litoral impediram que a linha da costa recuasse até à zona de aspiração da central de bombagem. Desta forma as bombas aspiram a areia até escavar a fossa, mas uma vez escavada, não se torna a encher.

Embora se tivesse tentado criar artificialmente movimento de areias em direcção à fossa, por meio do «draglines» e equipamento semelhante, verificou-se, ao fim de pouco tempo, que o custo deste procedimento era exagerado.

Com o fim de tornar eficaz o funcionamento da central de bombagem existe o projecto de construir um esporão de enrocamento, a cerca de 600 m a oeste da instalação (fig. 2), com 170 m de comprimento. O objectivo deste esporão é reduzir a alimentação de aluviões à praia situada entre o esporão e a central de bombagem, espe-

rando-se que essa diminuição consiga fazer recuar a linha da costa até à posição desejada e que a exploração da estação de bombagem mantenha estável essa posição da linha de água.

O esporão já começou a ser construído e o comportamento do troço existente é o previsto. A praia começou a ser erodida e as areias provenientes dessa erosão foram introduzidas no interior do porto, tendo sido necessário recorrer a dragagens.

Para resolver o problema das interrupções de funcionamento da central de bombagem, pela necessidade de dar passagem a embarcações para o porto interior, decidiu-se suprimir a conduta de compressão, tal como elá existe actualmente. A central de bombagem lançará as areias para batelões estacionados no porto interior ao abrigo dum molhe secundário a construir (fig. 2). Estes batelões serão, quando cheios, rebocados para junto do molhe oriental, onde uma nova estação de bombagem os esvaziará para lançar as areias na praia a leste do porto de Salina Cruz. O molhe secundário a construir tem ainda o objectivo de evitar que as areias que conseguirem contornar a testa do molhe oeste invandam o ante-porto.

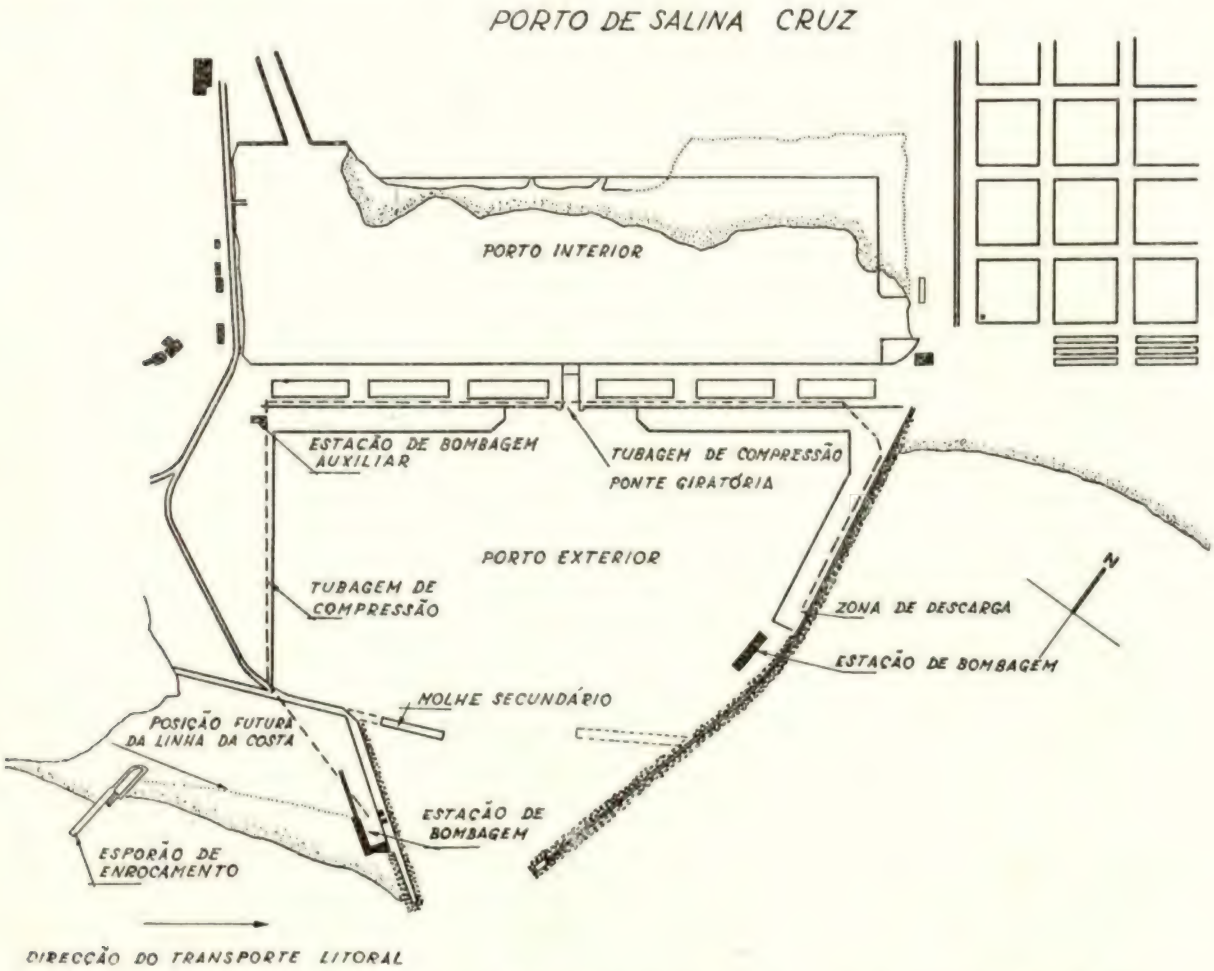


Fig. 2 — Alterações projectadas para o sistema de bombagem de areias do porto de Salina Cruz

2 — A instalação de Port Hueneme (Califórnia)

Port Hueneme (fig. 3) é um porto situado na costa da Califórnia a cerca de uma centena de quilómetros a Oeste de Los Angeles. É constituído por um canal de entrada com 120 m de largura e 11 de profundidade, seguido duma bacia rectangular com duas docas. No prolongamento da entrada do porto existe um canhão submarino.

A entrada do porto é protegida por dois molhes convergentes de cerca de 300 m de com-

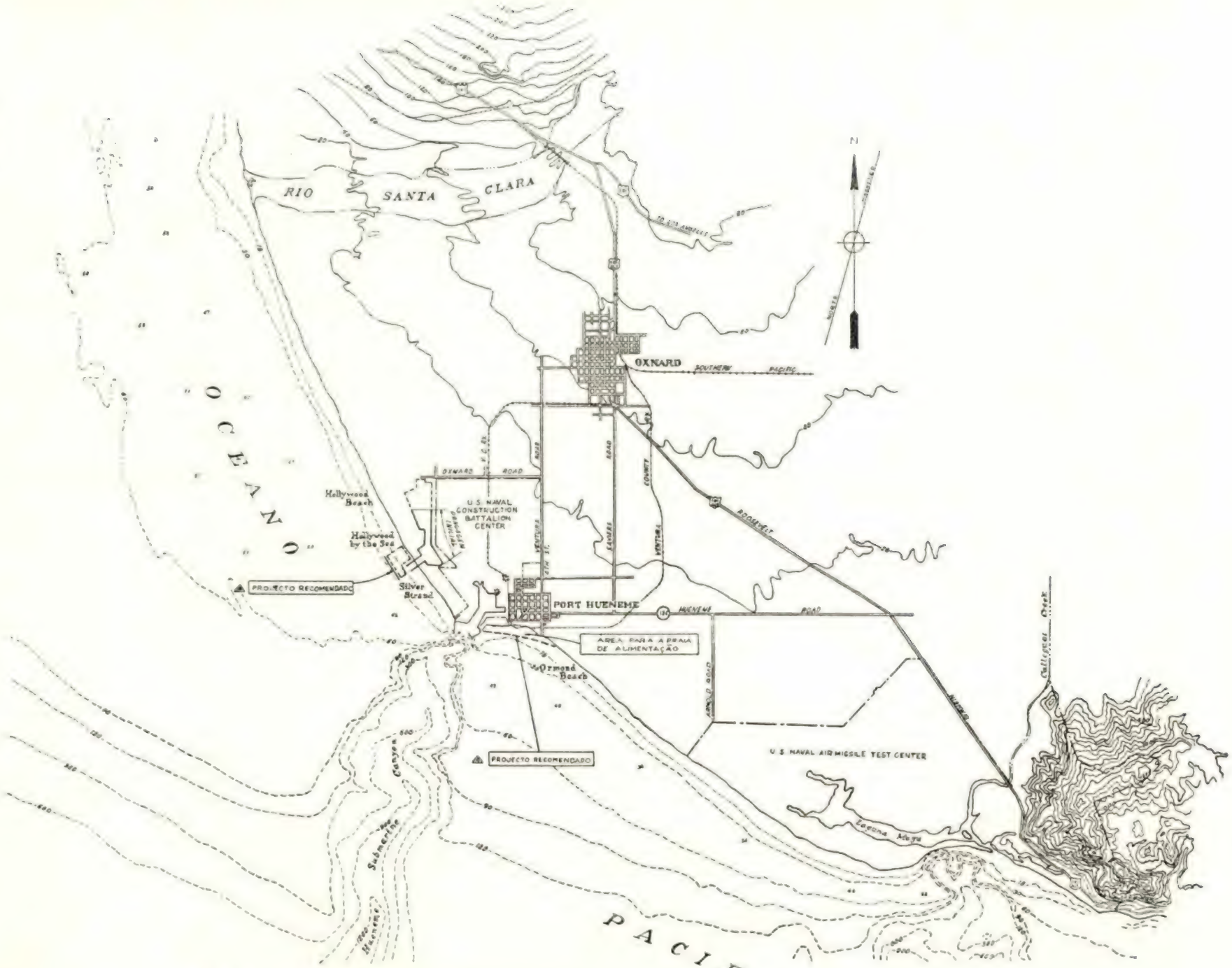


Fig. 3 – A costa da Califórnia nas vizinhanças de Port Hueneme

primento, cujas testas, distantes de 335 m estão situadas em profundidades de 9 m.

A direcção dominante do transporte sólido litoral, como aliás em toda a costa meridional da Califórnia, é de norte para sul, sob a acção de vagas cuja direcção dominante é a de NW e cuja amplitude raramente excede 2,5 m.

A amplitude média da maré é de 1,15 m e a máxima pode ir até 3,20 m.

Ao norte de Port Hueneme o litoral avançou cerca de 150 m entre 1856 e 1938 (82 anos), o que mostra que, nessa zona, a alimentação em aluviões excedeu a capacidade de transporte dos agentes litorais. No mesmo intervalo de tempo a praia ao sul de Port Hueneme manteve-se estável sob a acção do transporte litoral que conseguia atravessar a Ponta Hueneme e o canhão submarino do mesmo nome. A intensidade do transporte litoral nestas duas regiões é estimada em cerca de 400.000 m^3 por ano.

Durante a construção do porto de Port Hueneme, entre 1938 e 1940 foram depositados na praia ao sul cerca de 1 milhão de metros cúbicos de material dragado do porto e do canal de entrada. Este depósito provocou um avanço de cerca de 100 m da linha da costa, numa extensão de 1.200 m. Contudo, após a conclusão dos quebra-mares, essa mesma costa entrou em regressão, atingindo ràpidamente a posição de 1938, e mesmo ultrapassando-a nalguns pontos. Este estado de coisas provocou uma série de medidas de defesa que culminaram pela construção em 1942-43 dum paredão longitudinal com a extensão de 560 m, no qual foram empregadas 98.800 toneladas de enrocamentos e que custou cerca de 6.000 contos. No verão de 1943, em face das erosões verificadas a jusante do paredão, onde a linha de costa recuou, nalguns meses, cerca de 45 m, foi o paredão prolongado na extensão de 260 m.

Não obstante as medidas tomadas, a erosão continuou a dar-se a jusante dos paredões construídos, tendo sido estimado que os prejuízos verificados em dez anos pela erosão de terrenos, destruição de terrenos, destruição de instalações e construção de obras de defesa atingiram 45.000 contos.

Seria possível, em princípio, obviar a este estado de coisas com a construção dum paredão suficientemente extenso para proteger as zonas de maior interesse, embora a erosão continuasse a verificar-se imediatamente a jusante da extremidade do paredão e mesmo em praias situadas remotamente. Para defender as instalações da «Navy» em torno da laguna Mugu (ver fig. 3) e as propriedades públicas e privadas entre Port Hueneme e a laguna Mugu seriam necessários, pelo menos, 11,5 km de paredão, cujo custo inicial foi estimado em 150.000 contos e cuja conservação importaria em 7.500 contos anuais.

O meio mais eficaz e mais económico para evitar as erosões afigurava-se ser o restabelecimento da continuidade do transporte litoral na razão de 380.000 m^3 por ano através do obstáculo constituído pelos molhes de Port Hueneme, por meio do transporte mecânico das aluviões afluídas à zona a oeste do molhe ocidental. Contudo, os procedimentos normais de dragagem não poderiam ser utilizados sem a criação prévia duma zona abrigada para a realizar.

Surgia ainda uma dificuldade complementar: a zona em estado de erosão grave estendia-se por cerca de 11,5 km, tendo como consequência que a simples restauração do caudal sólido normal do transporte litoral não beneficiaria imediatamente a área erodida. Por outro lado, o custo da distribuição de aluviões ao longo de toda essa zona, apresentava-se proibitivo. Considerando que a construção das obras de protecção para a zona de dragagem levasse dois anos, a solução mais simples para o problema afigurava-se ser a de realizar um depósito inicial de 3 milhões de m^3 ao longo de uma zona de 2.000 m imediatamente a leste do molhe oriental de Port Hueneme.

A obtenção inicial de 3 milhões de metros cúbicos de areia implicava a existência de áreas interiores de dragagem. Contudo verificou-se ser impossível realizar dragagens no interior do porto de Port Hueneme ou em terrenos vizinhos. Por outro lado os interesses locais exigiam a criação dum porto para pequenas embarcações nas proximidades de Port Hueneme, cuja situação mais vantajosa a análise do problema mostrou ser 1.900 m a noroeste daquele porto. Desta forma embora inicialmente tivesse sido considerada a hipótese de obter uma zona de dragagem na praia adossada ao molhe oeste de Port Hueneme, verificou-se ser mais vantajoso levar a cabo a construção do referido porto para pequenas embarcações, utilizando os produtos de dragagem provenientes da sua construção para obter o material necessário à defesa da costa a SE de Port Hueneme, enquanto não se

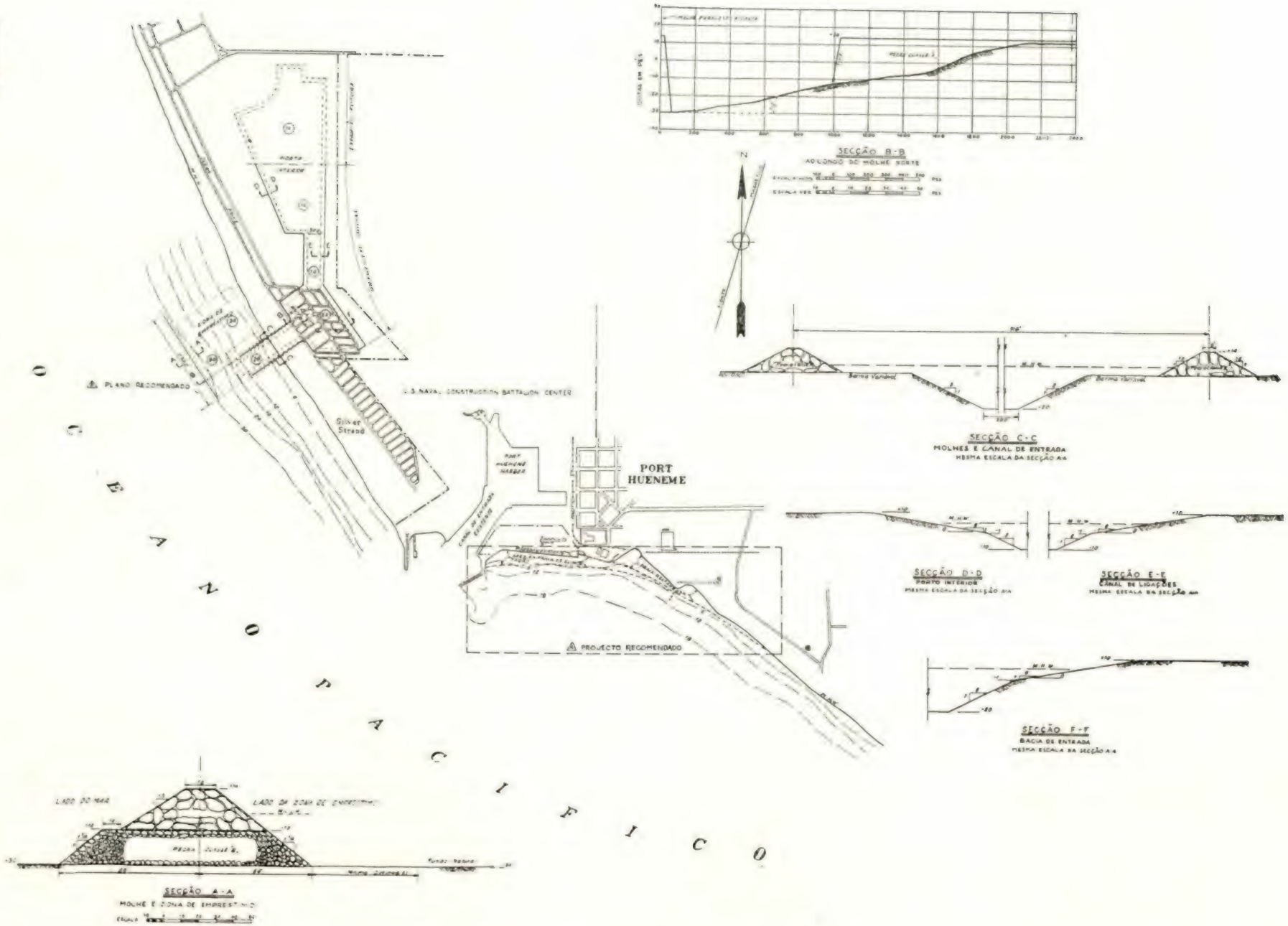


Fig. 4 — Melhoramentos projectados para Port Hueneme

faziam as obras que garantissem a continuidade do transporte litoral.

Decidiu-se ainda estabelecer a zona de empréstimo imediatamente a norte dos molhes de protecção do porto a construir (fig. 4). Para proteger essa zona de empréstimo e para provocar a acumulação de aluviões foi resolvido construir um molhe paralelo à costa, ao longo da batimétrica dos 10 m com 700 m de comprimento. A zona de depósito do transporte litoral seria completada com a construção de dois molhes de entrada para o porto de pequenas embarcações. Estes molhes que, sem a existência do molhe exterior, teriam as testas à profundidade de 6 m com a construção daquela obra foram levados apenas até à profundidade de 3,60 m.

Da zona de empréstimo estabelecida desta forma seriam dragados bienalmente 760.000 m^3 de areia para a manutenção da linha de costa a SE de Port Hueneme. Para transportar essas aluviões até à praia a alimentar seria necessário estabelecer, durante as operações de dragagem, uma conduta de compressão de 3.600 m de comprimento que atravessaria submersa os canais de entrada do porto a construir e do porto de Port Hueneme. Para esta distância de compressão não foi necessário prever estação de bombagem auxiliar.

A instalação descrita atrás foi executada e tem sido explorada com resultados inteiramente satisfatórios.

3 — A estação de Durban (África do Sul)

No porto de Durban existe em exploração uma estação de bombagem. O referido porto está situado na costa oriental da África do Sul, a cerca de 1.300 km do Cabo da Boa Esperança (fig. 5). A construção dos molhes da entrada do porto, em 1880 teve imediatamente como efeito o engrossamento da praia situada a sul dessa entrada e o recuo da situada ao noroeste, tendo-se perdido cerca de 160.000 m^2 de praia em 40 anos. Durante o mesmo intervalo de tempo foram dragados do canal de entrada do porto 120 milhões de metros cúbicos de areia.

Entre 1938 e 1947, 3.800.000 m^3 de areia provenientes da dragagem do canal de navegação foram lançados na praia erodida, conseguindo-se, deste modo, ganhar ao mar uma área de 300.000 m^2. Em 1950 foi instalada uma bomba de areia de 16", montada num cavalete, junto do lado exterior do molhe leste (fig. 5) com o fim de realizar a bombagem de areias através do canal de entrada do porto. O objectivo desta operação era não só evitar as erosões na praia a noroeste da embocadura, mas também reduzir os assoreamentos na mesma embocadura.

A bomba desloca-se ao longo do cavalete de forma a poder ser recolhida em ocasiões de

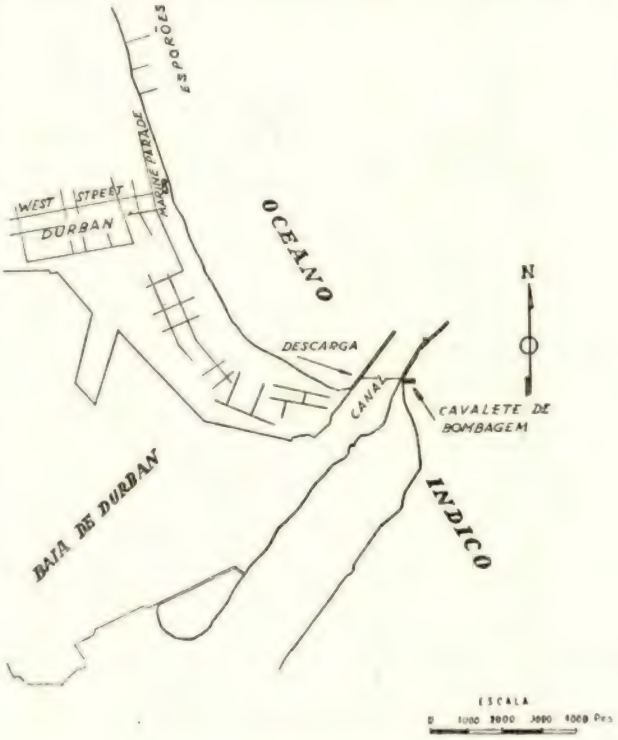


Fig. 5 — A costa nas vizinhanças de Durban e esquema da instalação de bombagem

temporal. Em período de bom tempo fica montada na extremidade exterior do cavalete, dragando numa fossa semi-circular de 11 m de raio até à profundidade de 6 m. Durante os períodos de bombagem a compressão da bomba de areia fica ligada a uma conduta de compressão de aço por meio duma manga flexível de borracha. Esta tubagem de compressão atravessa o canal de entrada à profundidade de 13 m e vai lançar a areia próximo do enraizamento do molhe ocidental, embora inicialmente esse lançamento fosse realizado 1.600 m para noroeste o que exigia o funcionamento de duas estações de bombagem auxiliares.

Até à presente data, a bomba tem sido explorada quase contìnuamente, sendo estimado em

cerca de 200.000 m^3 o volume de areia bombado anualmente.

Até 1954 a linha de costa na zona de bombagem tinha recuado 60 m. Os assoreamentos no canal de navegação diminuiram consideràvelmente. Sob a acção da bombagem e de três esporões construídos em Abril de 1953 a praia a noroeste tinha avançado satisfatòriamente, tendo esse avanço atingido, junto do primeiro esporão, cerca de 40 m, embora mais tarde, por acção de temporais, tivesse recuado 15 m nesse mesmo ponto.

4 — A instalação projectada para a embocadura setentrional do lago Worth

Como se pode ver na fig. 6 o lago Worth é uma laguna situada na costa atlântica da Flórida, separada do oceano por um estreito cordão litoral. Anteriormente a 1918, o lago Worth não tinha comunicação directa com o Atlântico. Entre 1918 e 1925 foi aberta uma embocadura artificial, protegida por molhes paralelos, no limite setentrional de Palm Beach. A embocadura, destinada a fins comerciais e de recreio, tem a largura de 240 m. A profundidade do seu canal de navegação é de 8,50 m e a sua largura de 120 m. As testas dos molhes estão situadas em profundidades de cerca de 5 m.

O transporte litoral na costa da Flórida tem a direcção predominante de Norte para Sul.

O efeito da construção dos molhes foi interromper a continuidade desse transporte provocando o assoreamento intenso da praia ao norte no molhe norte e um recuo acentuado da linha de água ao sul do molhe meridional. Em consequência deste facto, a linha de água encontra-se avançada de 450 m na praia ao norte, relativamente à praia ao sul, tendo atingido, no presente momento, as proximidades da testa do molhe.

A intensidade do transporte litoral em Palm Beach está estimada em 120.000 a 170.000 m^3 por ano e julga-se que a capacidade de acumulação do molhe norte está presentemente saturada.

A amplitude da maré, em Palm Beach, é da ordem dos 0,90 m. Durante 75 % do tempo (fig. 7) a direcção de ataque da ondulação é entre N e E. Pelo que respeita a amplitudes, ondulação com 6 m de altura tem uma frequência de uma vez em cada ano, enquanto que uma vez em cada 7 anos se pode observar ondulação de 10 m. O seu período chega a atingir 18 segundos.

A intensidade das «longshore currents» foi medida pelo «Beach Erosion Board» em vários

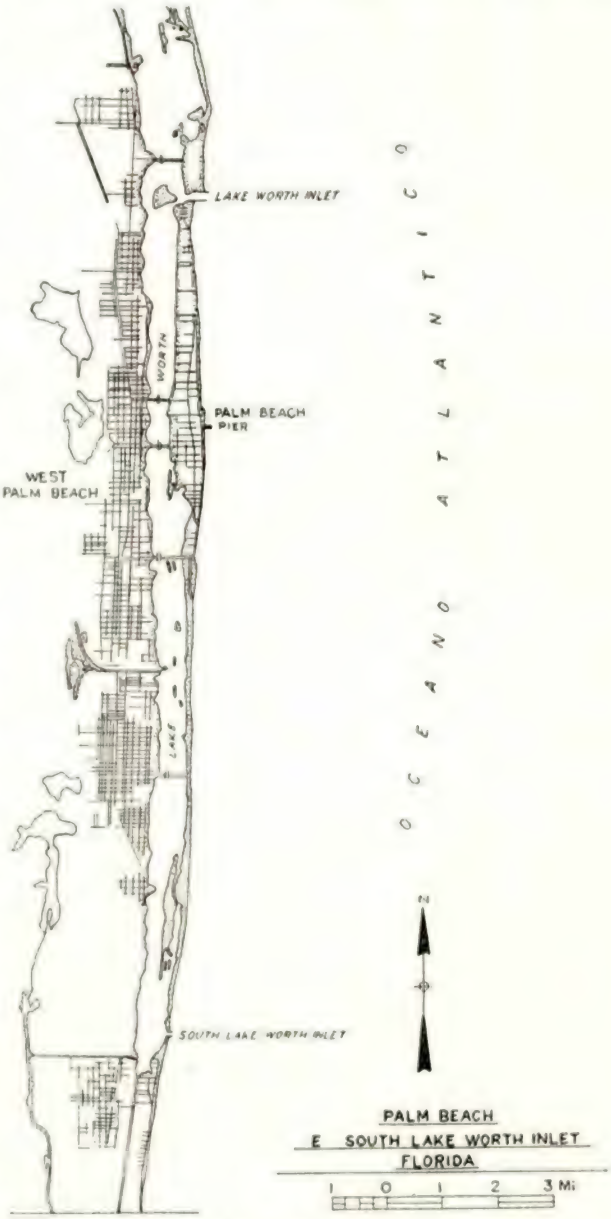


Fig. 6 — A costa da Flórida nas vizinhanças do lago Worth e de Palm Beach

pontos da costa, para condições de vaga de altura inferior a 0,80 m, tendo-se obtido os resultados que se apresentam na fig. 8, onde se verifica que estas correntes podem atingir velocidades de 45 m por minuto.

Embora se aceite que a ondulação e as correntes por ela produzidas são a principal causa do

transporte litoral, admite-se também a influência de correntes turbilhonares provocadas pelo atrito da corrente do golfo, que corre a poucas centenas de metros da costa, no sentido Sul-Norte

As erosões no litoral, que se estendem ao longo de algumas dezenas de quilómetros, têm ameaçado e danificado importantes valores, bastando referir, por exemplo, que a estrada que corre ao

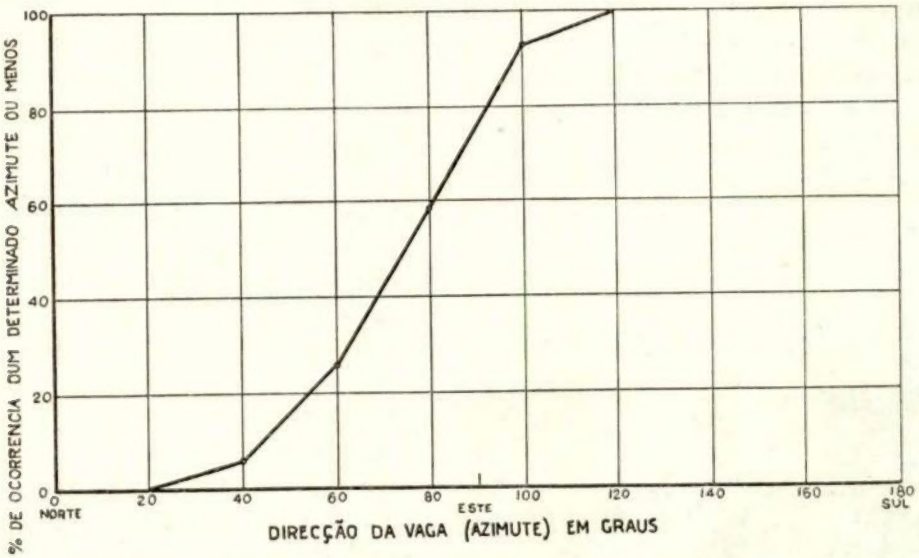


Fig. 7 — Curva de duração dos azimutes da ondulação em Palm Beach

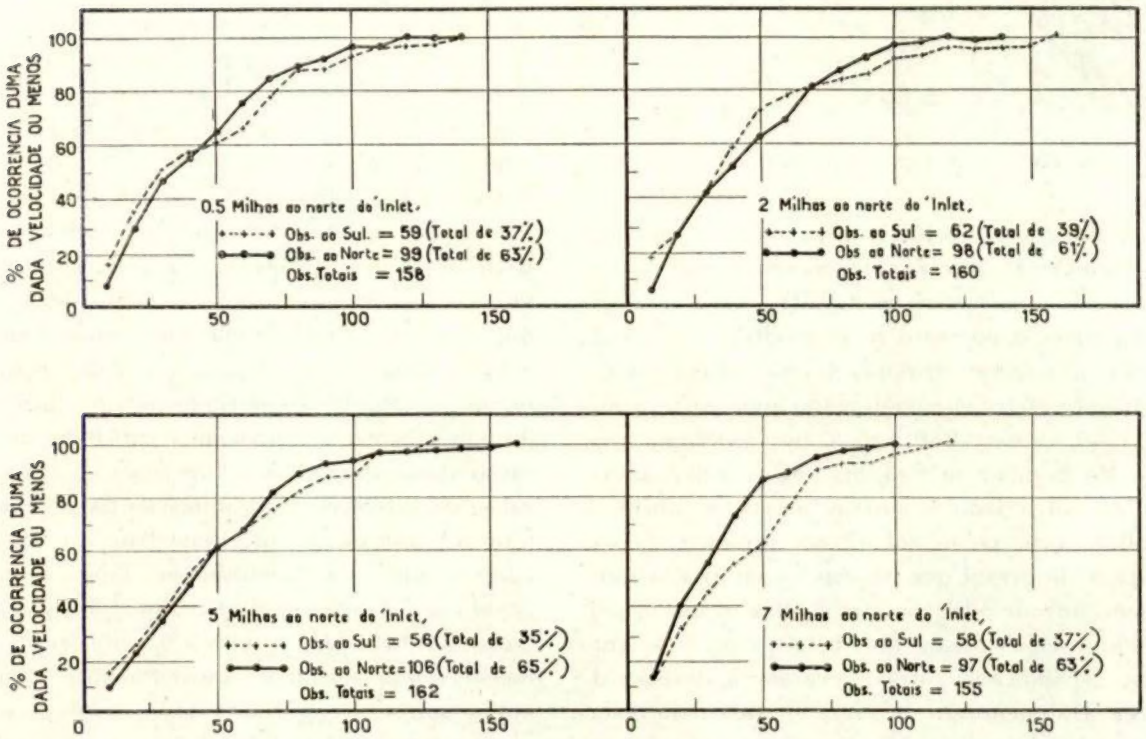


Fig. 8 — Velocidades das «longshore currents» em Palm Beach

com velocidade de três nós, sobre a massa de água situada entre aquela e esta. Estas correntes atingem a costa no seu retorno, com a direcção Norte-Sul, reforçando a acção da ondulação.

longo da costa teve de ser reconstruída três vezes em 1954, em posições sucessivamente mais recuadas (fig. 9). Tem-se tentado obviar a estas erosões pelo recurso a paredões longitudinais, a obras

transversais e à alimentação artificial da praia. Os dois primeiros meios têm-se revelado inteiramente ineficazes. Na alimentação artificial empregaram-se desde 1944 cerca de dois milhões de metros cúbicos de areia provenientes de dragagens no lago Worth, com vantagem para a defesa da costa, havendo a convicção de que será possível manter o equilíbrio das praias numa extensão de 16 km por meio duma alimentação artificial à razão de 150.000 m³ por ano, a que corresponperia uma despesa de 2.100 contos anuais.

Fig. 9 — A erosão em Palm Beach

A alimentação artificial a partir de dragagens no lago Worth apresenta inconvenientes de ordem vária: as areias estão misturadas com terra e são mais finas e portanto mais erodíveis que as da costa, o volume disponível não é ilimitado e o custo por metro cúbico dragado anda entre 10$60 e 11$40, contra 7$60 a 9$20 no caso duma estação de bombagem fixa, através da embocadura.

Por outro lado, como as areias ao norte do molhe norte já se encontram próximo da sua testa, é de prever que passem a contorná-la e que sejam introduzidas no canal de entrada provocando o seu assoreamento. Esta razão juntamente com as indicadas atrás, levaram à decisão de fazer a alimentação da praia erodida pelo restabelecimento do transporte litoral natural por meio duma estação de bombagem fixa.

O projecto dessa instalação de bombagem, cuja construção imediata há intenção de realizar, foi objecto dum relatório preliminar do escritório técnico «Knappen-Tippetts-Abbett-Mc. Carthy» do qual foram extraídos grande parte dos elementos construtivos que se vão apresentar.

Existem três circunstâncias que tornam particularmente difícil o estabelecimento da estação de bombagem: a profundidade e a exposição do local onde se tem de instalar a central de bombagem, a grande distância a que é necessário transportar o material bombado e, finalmente, a dificuldade em atravessar com a conduta de compressão em canal largo e profundo.

Em virtude da primeira das circunstâncias apresentadas, a estrutura projectada para conter a casa das máquinas será de betão armado e monolítica até à cota + 5 e não terá aberturas abaixo dessa cota, excepto as necessárias para a passagem das tubagens. O piso de comando estará à cota de + 5,80 e estará munido de portas e janelas metálicas estanques.

A bomba da estação, de 12 polegadas, estará directamente acoplada a um motor de velocidade variável o que permitirá trabalhar com excesso de velocidade quando a areia na zona de aspiração se acumular muito ràpidamente. Além disso consentirá arranques suaves.

O eixo da bomba está situado à cota de + 2,20 m. A sua tubagem de aspiração, munida de dois jactos de água de 3 polegadas, móvel horizontal e verticalmente, pode escavar uma trincheira com 600 m³ de capacidade, situada entre as batimétricas de — 0,60 e — 1,80, zona em que há a convicção que se verifica a maior parte do transporte litoral. Esta trincheira, uma vez escavada, constitui uma caixa de depósito que pode armazenar areias em períodos em que a sua velocidade de chegada seja excessivamente intensa. A fig. 10 apresenta os detalhes da central de bombagem e da tubagem e trincheira de aspiração. Consideradas seis hipóteses para a localização da tubagem de compressão da bomba, que terá 12 polegadas de diâmetro, foi decidido adoptar uma que caminha ao longo do molhe norte até atingir o alinhamento da praia sul. Nesse alinhamento atravessa a embocadura submersa e vai terminar imediatamente a sul do molhe sul. O troço que corre junto ao molhe norte será de ferro fundido com 12 mm de espessura de parede e disporá duma ventosa junto do início do troço submerso.

O troço a sul do molhe sul foi previsto de aço de pequena espessura. Problemas mais difíceis surgem para estabelecer o material do troço sub-

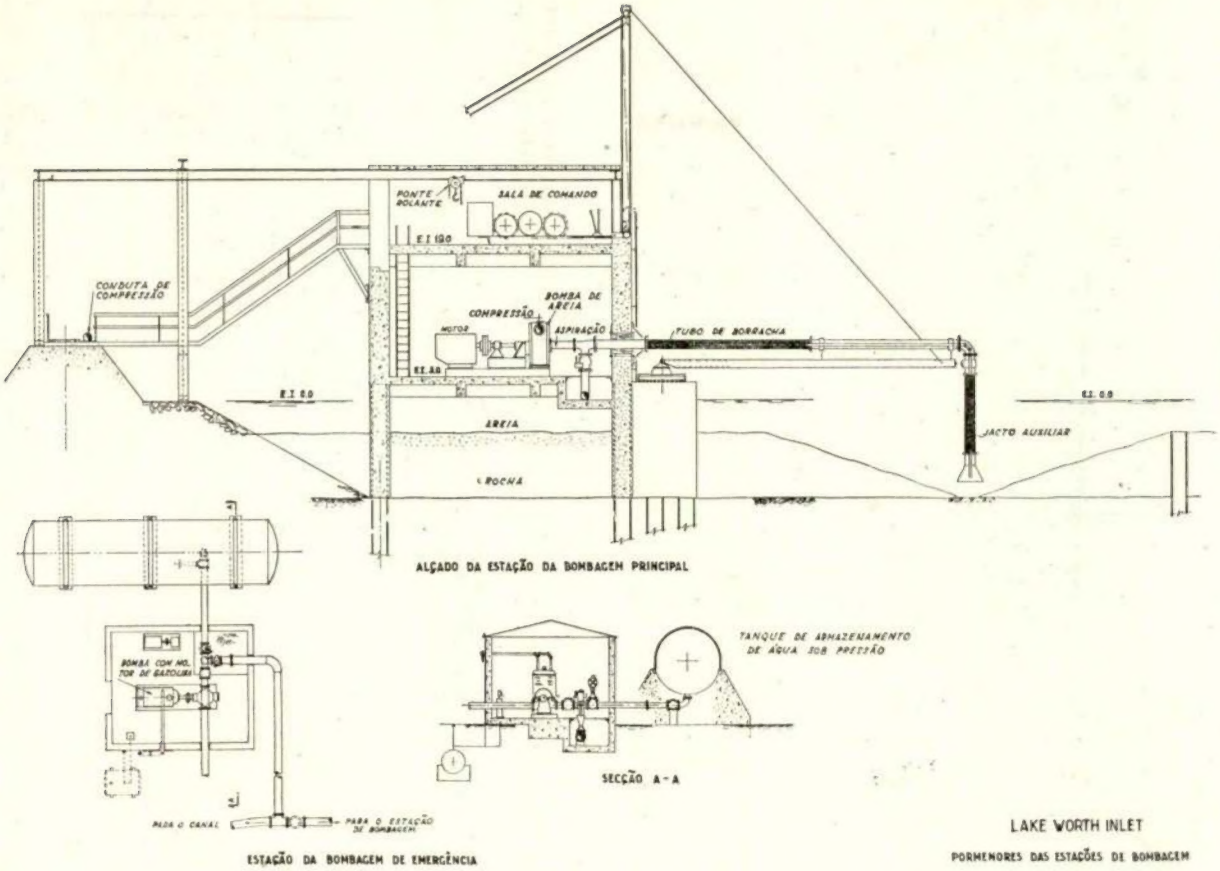


Fig. 10 — A central de bombagem projectada para a embocadura setentrional do lago Worth

merso da conduta de compressão. Consideradas várias hipóteses chegou-se à conclusão que a solução mais duradoura e mais manejável consistia em tubagem de borracha. O seu custo excessivo, cerca de 3.600$00 por metro de tubagem levaram a pô-la de parte em favor de tubagem de aço revestida interiormente de borracha e protegida exteriormente contra a corrosão, com juntas Dresse, cujo custo é de 1.580$00 por metro linear. Foram ainda previstos troços de tubagem de borracha nos pontos de mudança de direcção da tubagem submersa.

A fig. 11, apresenta os traçados, em planta, das seis tubagens de compressão consideradas, bem como o perfil da escolhida e a planta da trincheira de dragagem.

Para evitar os entupimentos da conduta, que fàcilmente se podem dar em caso de falta de energia eléctrica durante o funcionamento da central a plena carga ou de obstrução da aspiração por algas ou blocos de rocha, e que obrigariam a elevar e limpar a tubagem, foram tomadas medidas especiais. Estas consistem no seguinte:

1 — Instalação dum alarme sonoro que emita um sinal sempre que a depressão na tubagem de aspiração ou a pressão na de compressão atinjam determinados valores. Se isso se der, o maquinista deve levantar a tubagem de aspiração e passar a bombar água limpa.

2 — Colocação dum dispositivo automático que admita água limpa na tubagem de compressão imediatamente a jusante da bomba, logo que se verifique uma queda de pressão.

3 — Instalação, no extremo norte de tubagem submersa, dum compressor e um tanque sob pressão capaz de lançar na conduta, à velocidade inicial de 4,80 m/s, uma quantidade de água igual ao dobro do volume da conduta, logo que se verifique uma queda de pressão nesta.

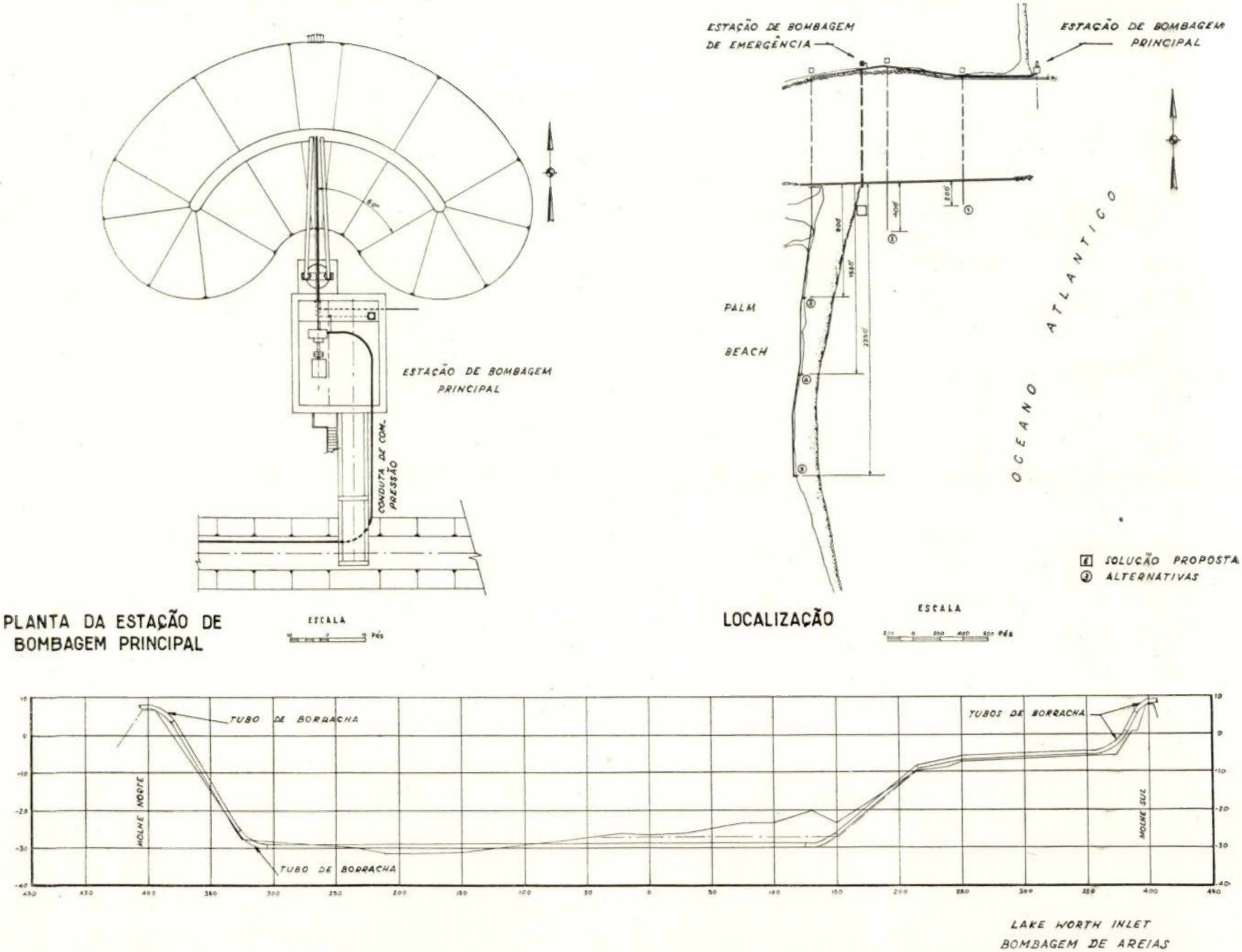


Fig. 11 — Esquema da instalação da bombagem projectada para a embocadura setentrional do lago Worth